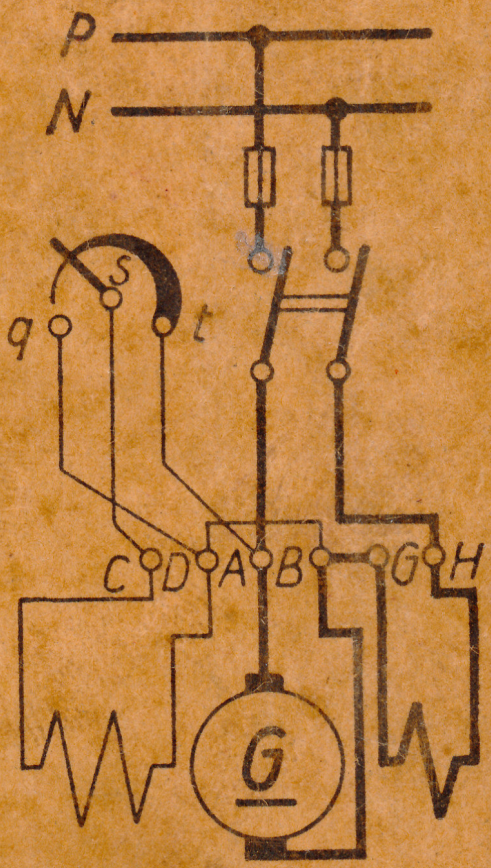
Elektrotechnisches Schaltungsbuch

von

Friedrich-Jeß-Köhne



Creutz'sche Verlagsbuchhandlung, Magdeburg

Für die Ausbildung in der Elektrotechnik und im Metallgewerbe sind folgende, im gleichen Verlage erschienene Werke unentbehrlich:

	RM
Frensemeyers Rechenarbeitsblätter für Elektrikerklassen	
Heft E 1: Unter- und Mittelstufe für Elektrotechnik	0,72
Heft E 2: Oberstufe für Elektrotechnik	0,80
Friedrich, Tabellenbuch C für Elektrotechnik. 300 S. m. 1150 Abb. kart.	1,80
Jeß-Röhne, Fachzeichenhefte für Elektriker, Heft I für Unter- und Mittelstufe	1,95
— —, „ „ „ „ II für Oberstufe und Fachsch.	1,20
— —, „ „ „ „ III für Meisterlehrgänge	2,—
— —, „ „ „ „ IV für Schwachstromtechnik	2,20
— —, Leitfaden für den Fachunterricht in Elektrikerklassen	0,90
Jeß-Röhne-Werner, Fachkunde für Autoschlosser und Autofahrer (unter Berücksichtigung der elektrischen Ausrüstung des Kraftwagens)	1,70
Spaethe-Semper, Merk- und Arbeitsblätter für Elektrotechnik I, II u. III je	1,20

Metallgewerbe

Fabritz-Friedrich, Rechenarbeitsblätter für Kraftfahrzeuggewerbe, 2 Hefte, je	0,80
Frensemeyers Rechenarbeitsblätter für U-, M-, O-Stufe der Metallgewerbeklassen, 3 Hefte, M 1, M 2, M 3. Unter- u. Mittel-Stufe je 0,54, Ober-Stufe	0,60
Friedrich, Tabellenbuch A: Metallgewerbe, 224 S. mit 880 Abb. kart.	1,60
— —, Tabellenbuch O (kleine Ausgabe, 96 S.), 170 Abb.	0,72
— —, Logarithmentafel — Rechenschieberrechnen, mit 25 Abb. für Selbstunterricht und Benutzung ohne mathematische Vorkenntnisse	0,80
„ Methodische Normschriftübungen der DIN-Blockschrift, 6 Seiten zusammen 0,10 RM. Ab 30 Stück je	0,05
Groß-Wilhelm, Die DIN-gerechte Werkzeichnung, mit 29 Zeichentafeln kart.	0,90
Jachmann, Fachzeichnen des Metallgewerbes, mit vielen Abb. kart.	1,40
Reich-Scholz, Zeichenarbeitshefte für Modellieren und Ergänzungszeichnen usw. Ausgabe A für Maschinenbauer	1,—
Spaethe-Trzebiatowsky, Merk- und Arbeitsblätter für Metallgewerbe 3 Hefte: Unter-, Mittel- und Oberstufe je	1,20
„ Kraftfahrzeuggewerbe	1,40
„ Wasserinstallation und Heizungsbau	1,30
„ Gasinstallation	1,30
„ nationalpolitischen Unterricht I, II u. III je	0,90

Geschäftskunde

Doney-Eicke-Fuhlrott, Das Schriftwerk des Handwerkers (Beispiele und Uebungsaufgaben) im Neudruck (vollständige Neubearbeitung) etwa	1,45
Friedrich, Geschäftsvordrucke C (für Berufsschulen und Meisterlehrgänge)	0,99

Elektrotechnisches Schaltungsbuch

ein Taschenbuch für Schule und Praxis

von

Wilhelm Friedrich · Friedrich Jeß

Friedrich Köhne

4. bis 13. Auflage

135 Zeichentafeln

21 Seiten Tabellen

Creutz'sche Verlagsbuchhandlung · Magdeburg 1939

Vorwort zur 4. bis 13. Auflage

Um oft geäußerten Wünschen und den Bestrebungen um die Ausbildungsverkürzung unseres gewerblichen Nachwuchses nachzukommen, haben wir im vorliegenden Taschenbuche die wichtigsten Schaltungen aus der Schwachstrom-, Starkstrom- und Rundfunktechnik zusammengestellt. Das Büchlein ist als Ergänzungsheft gedacht für folgende, im gleichen Verlage erschienenen Werke:

1. Jeß-Köhne, Leitfaden für den Fachunterricht in Elektrikerklassen.
2. Jeß-Köhne, Fachzeichenhefte I bis IV für Elektriker.
3. Frensemeyer-Jeß-Köhne, Rechenarbeitsblätter für Elektriker, 2 Hefte, E 1, E 2.
4. Tabellenbuch C für Elektrotechnik von Wilhelm Friedrich.

Möge das neue Büchlein in den Schulen und bei ihrer praktischen Berufsausübung den Praktikern und den Technikern eine ebenso gern genommene Stütze werden wie die oben genannten Werke, die in fast 400000 Druckstücken Verbreitung gefunden haben.

Für Anregungen zur weiteren Ausgestaltung des neuen Taschenbuches und unserer anderen Werke sind wir stets dankbar.

Auf §§ 2 und 15 des Gesetzes über Fernmeldeanlagen v. 14. 1. 1928 (RGBl. I S. 8) und auf das Gesetz gegen die Schwarzsender vom 27. 11. 1937 (RGBl. I S. 1298) sei hingewiesen. Nicht nur zur Errichtung und zum Betrieb von Funksendern, sondern auch schon zum Herstellen (Basteln), zum Handel und sogar zum bloßen Besitz (zur Verwahrung) solcher Sender ist die vorherige Genehmigung des Reichspostministers erforderlich.

Lage/L., Itzehoe und Bielefeld, im August 1939.

Die Verfasser

Inhaltsverzeichnis

Weckerschaltungen Seite

Gleichstromwecker, Wechselstromwecker, Gefahrmeldeanlagen, Hauswecker . . . . . 1...12
Ruftafeln, Schützenschaltungen . . . . . 13...17
Alarmanlagen, Feuermelder . . . . . 18...20

Fernanzeiger

Uhren, Fernanzeiger, Telegraf . . . . . 21...23
Temperatur-Fernmeß-Anlage 23

Fernsprechanlagen

Einfache Anlagen, Hausfernsprecher . . . . . 24...25
Induktor-Anruf, Rückstell- und Kontrollruftafeln . . . . 26...27
Linienwähleranlage, Zwischenstellen-Umschalter, Schlußzeichen 28...30
Glühlampenschrank, Klappenschrank . . . . . 31...32
Selbstanschluß, Selbstwähler . . . . . 33...35

Beleuchtungsanlagen

Schalter, Steckdosen, Sparschaltungen . . . . . 36...44
Treppenhausschaltungen . . . . . 45...46
Mittelbare (indirekte) Schaltungen durch Schwachstrom . 47...49
Bogenlampen . . . . . 50...51

Generatoren und Motoren

Klemmenbretter für Generatoren und Motoren, Fliehkraftschalter . . . . . 52...58
Generatoren- und Motorenschaltungen . . . . . 59...62
Laden von Akkumulatoren-Batterien . . . . . 63...64
Rechts- und Linkslauf von Motoren . . . . . 65...68
Anlasser, Walzenschalter . . . . . 69...78
Schaltungen für Straßenbahnmotoren . . . . . 79...81
Leonardschaltung, Stromwächterschaltung . . . . . 82...84
Kleinmotoren für beide Drehrichtungen 85
Drehstrom-Generatoren und -Motoren . . . . . 86...95
Kaskadenschaltung, Einanker-Umformer 96
Kurzschlußläufermotoren, Fernsteuerung . . . . . 97...98
Aufzug 99
Reihenschlußmotor, Repulsionsmotor 100

Seite

Winter-Eichberg-Motor 101
Thomson-Motor, Deri-Motor 102
Transformatorenstation 103

Leuchtröhren, Leuchtbuchstaben 104

Schweißen

Schweißgeneratoren . . . . . 105...106
Schweißtransformatoren 107

Schutzvorrichtungen, Schutzschaltungen

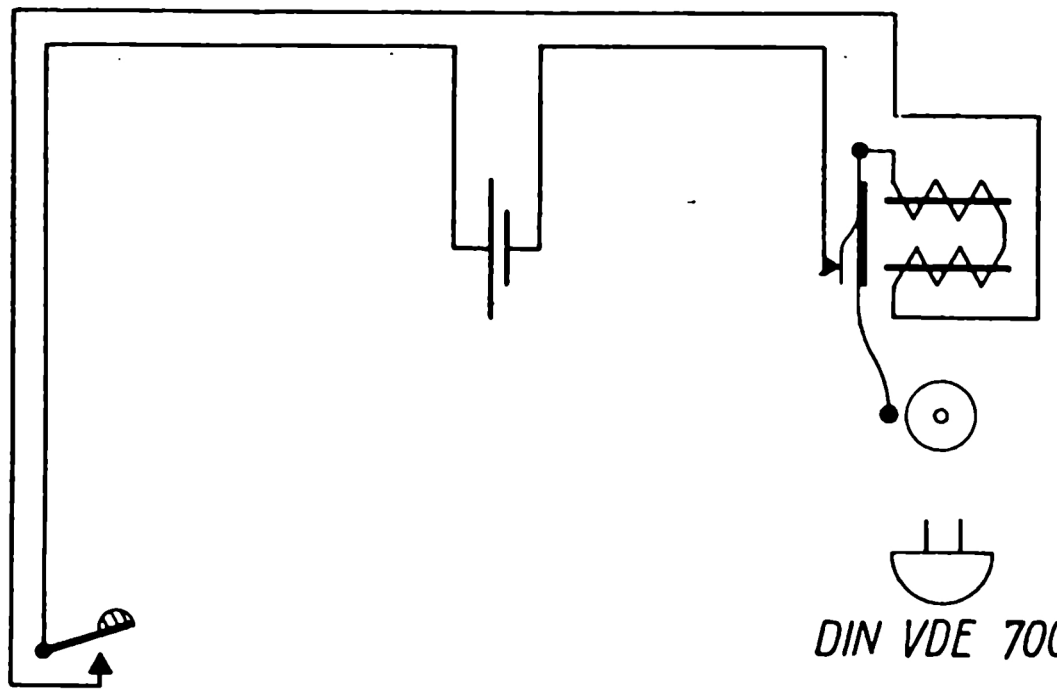
Berührungsschutz, Schutzschalter . . . . . 108...109
Störschutzschaltungen . . . . . 110...111
Beispiele von Entstörungsmitteln und Entstörungen an Motoren, Gleichrichtern, Heilgeräten, Leuchtröhren, Fahrdrahtleitungen, Schaltgeräten und Klingeln . . . . 112...121
Ueberspannungsschutzschaltungen 122

Radioschaltungen

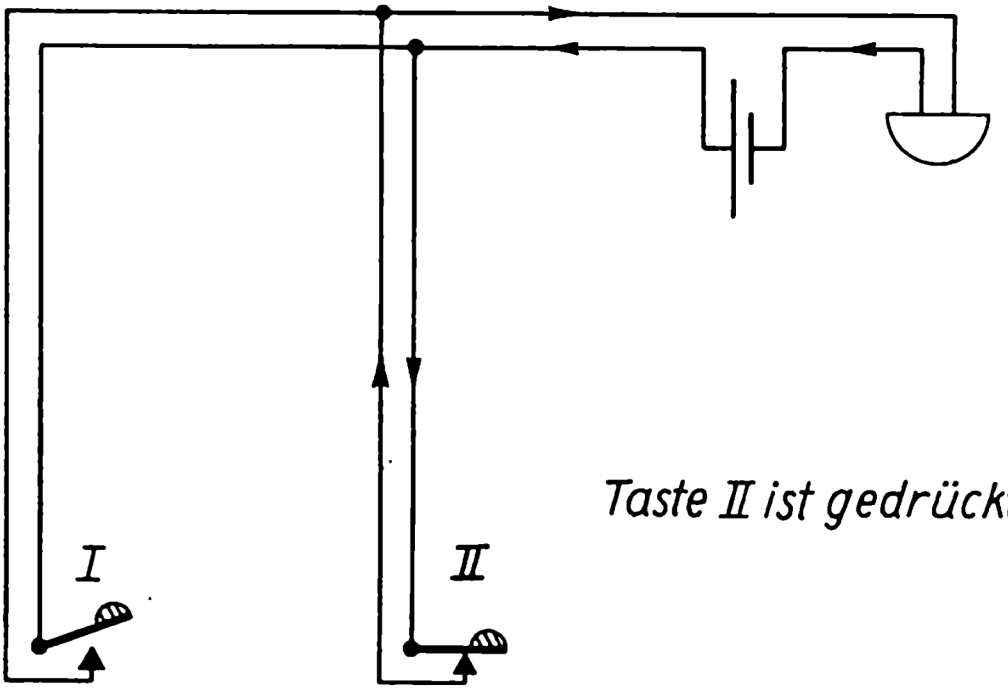
Antennenkreise, Detektoren . . . . . 123...124
Gitter-, Anoden-, Heizkreis 125
Audionschaltungen . . . . . 126...127
Verstärker . . . . . 128...131
Empfänger . . . . . 132...134
Gleichrichter, Widerstandsverstärker 135

Anhang (Tabellen)

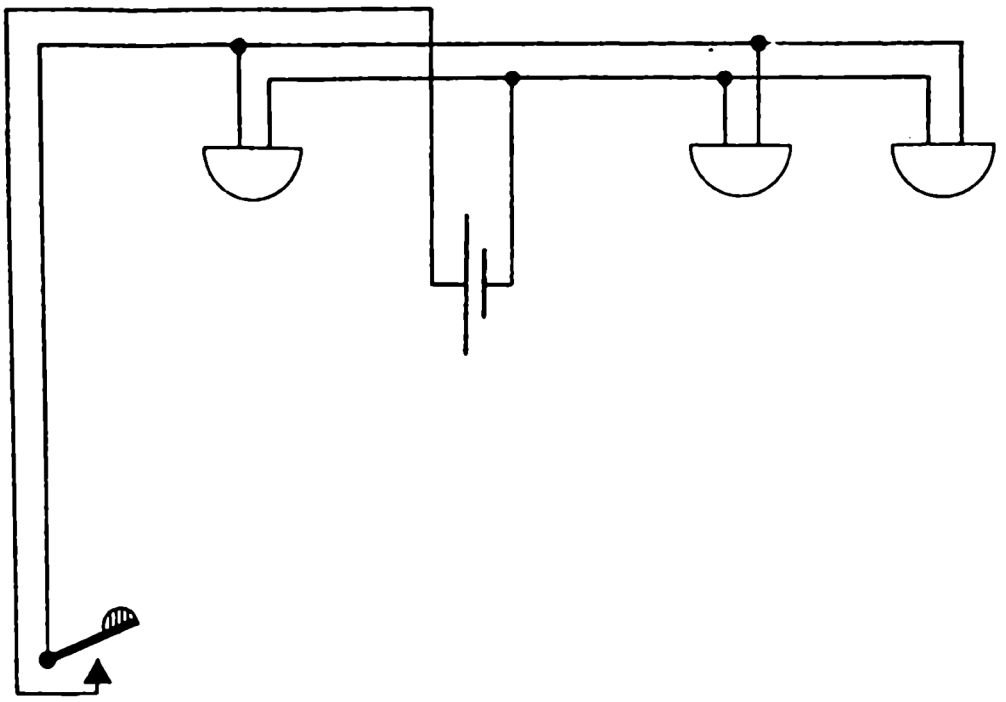
Elektrotechnische Einheiten und Bezeichnungen 136
Widerstandsberechnung 137
Leitungsberechnung . . . . . 138...141
Einheitswiderstand, Einheitsleitwert, Temperaturzahl 142
Strombelastungsfähigkeit blanker Widerstandsdrähte 143
Isolierte Leitungen . . . . . 144...146
Mindestabstände von Leitungen 147
Rohrweiten nach DIN . . . . . 148...149
Stromverbrauch von Motoren . . . . . 150...151
Störungen an Motoren . . . . . 152...153
Bildzeichen nach DIN . . . . . 154...155
Uebersetzungsverhältnisse, Achsenabstände, Riemenscheibendurchmesser, Anlaßstrom von Motoren 156



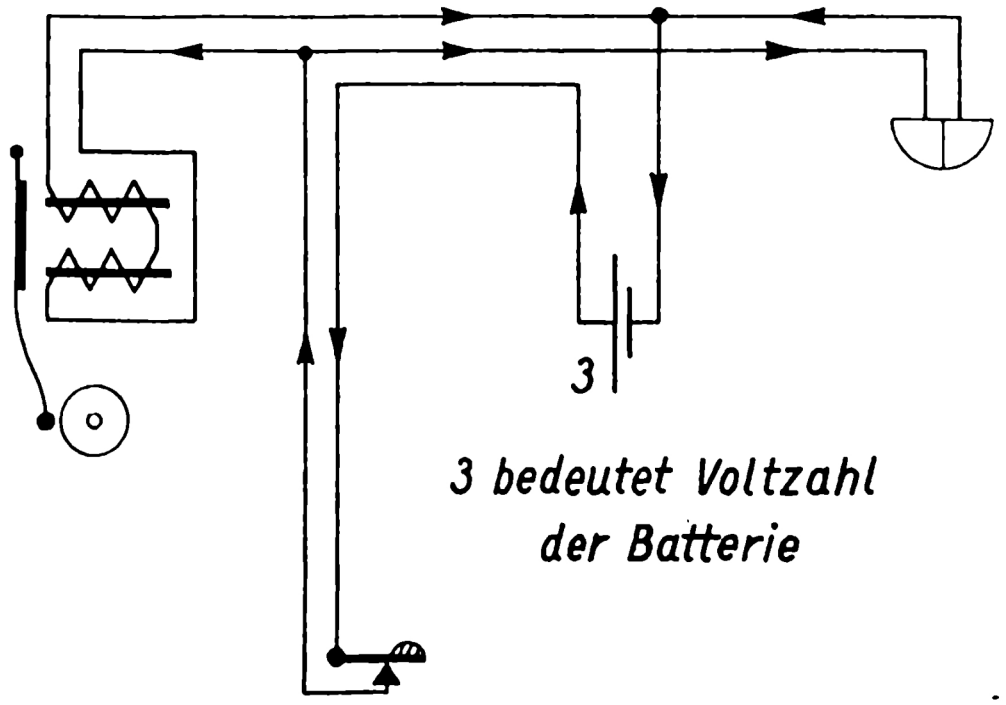
Gleichstrom-Wecker-Schaltung



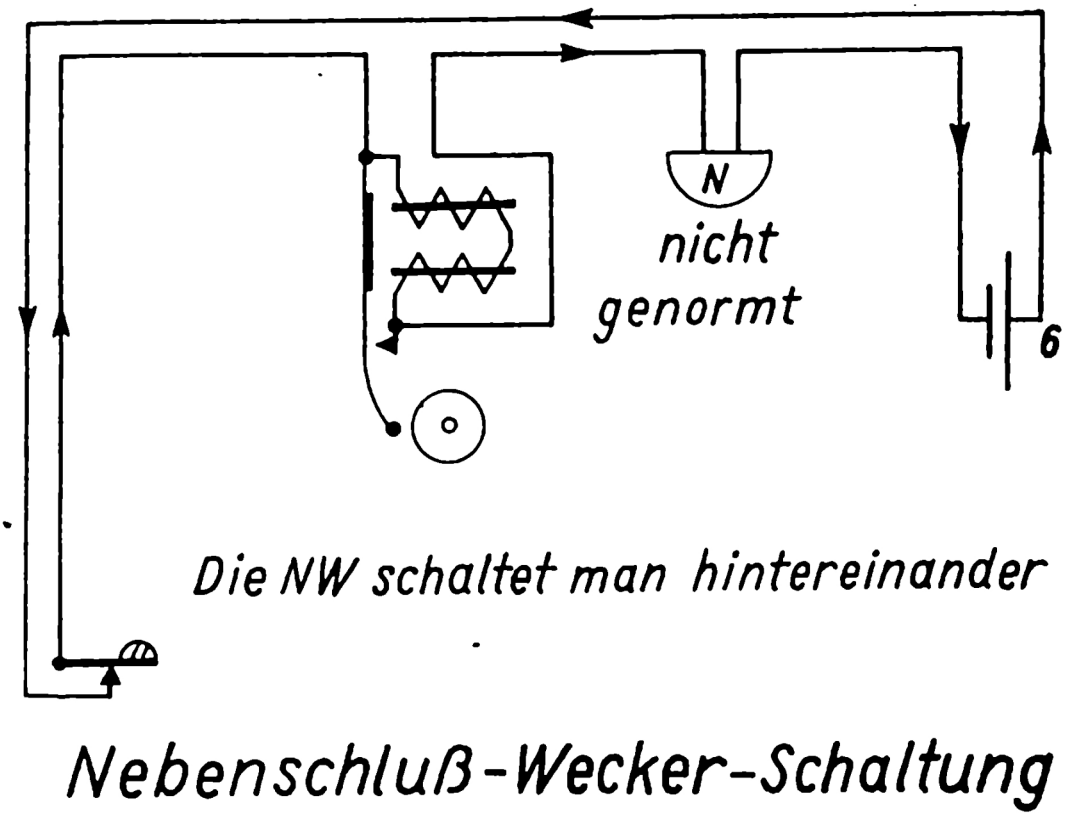
Gleichstr.-Wecker, von 2 Stellen zu betätigen



Parallelschaltung mehrerer Wecker

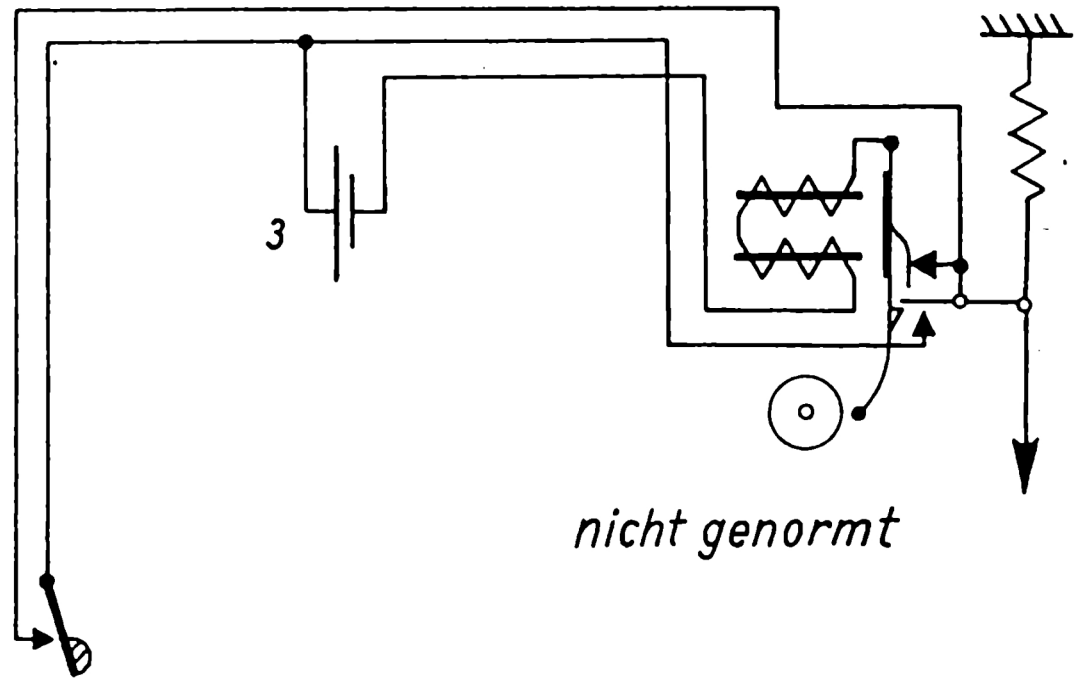


Von1 Stelle werden 2 Einschlagwecker betätigt

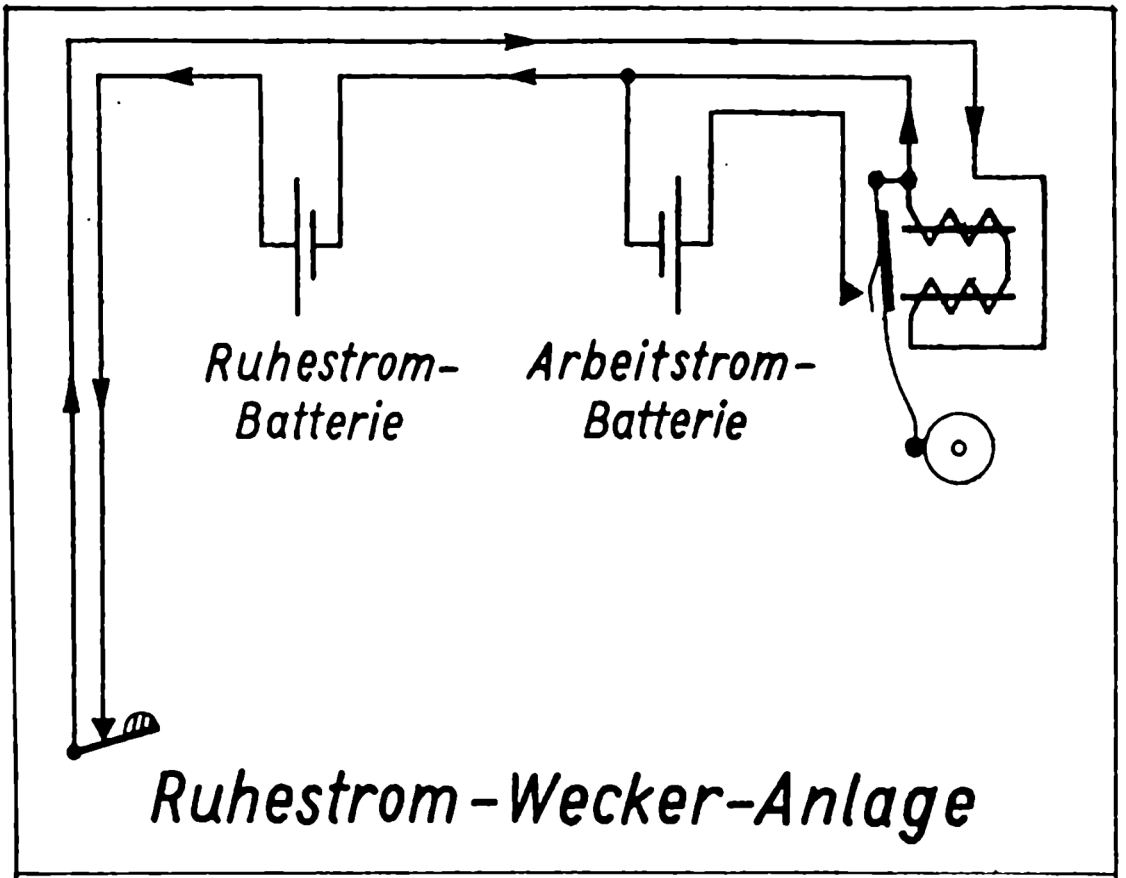


Die NW schaltet man hintereinander

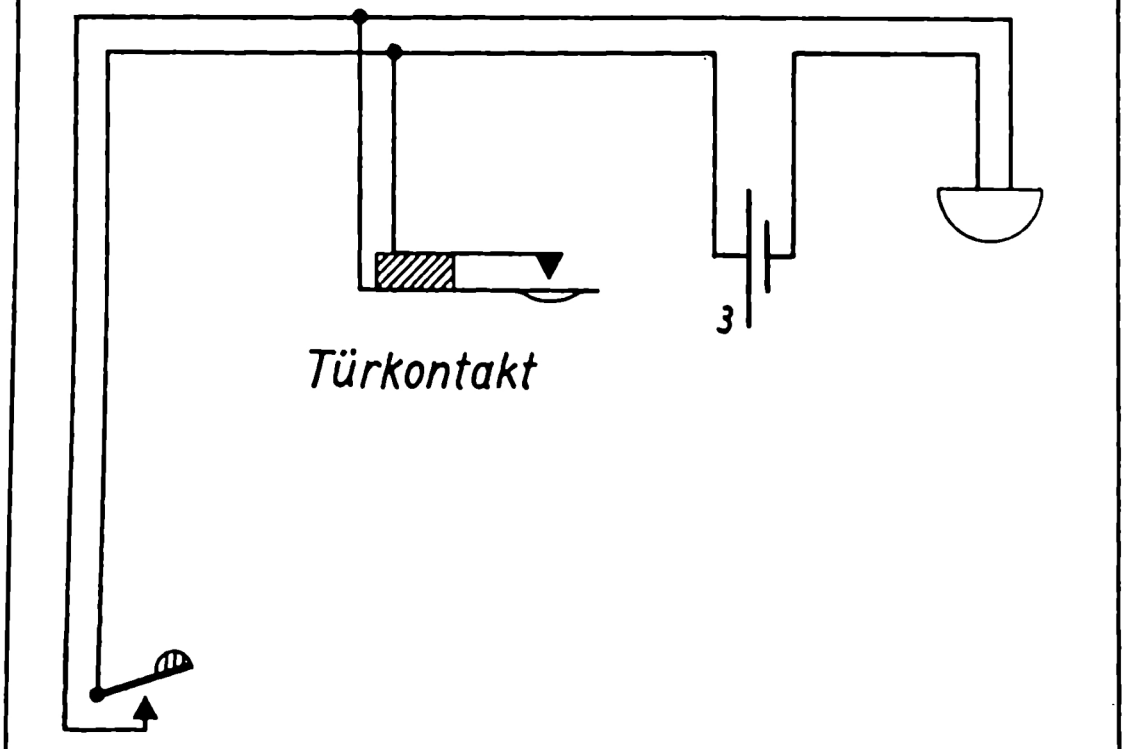
Nebenschluß-Wecker-Schaltung



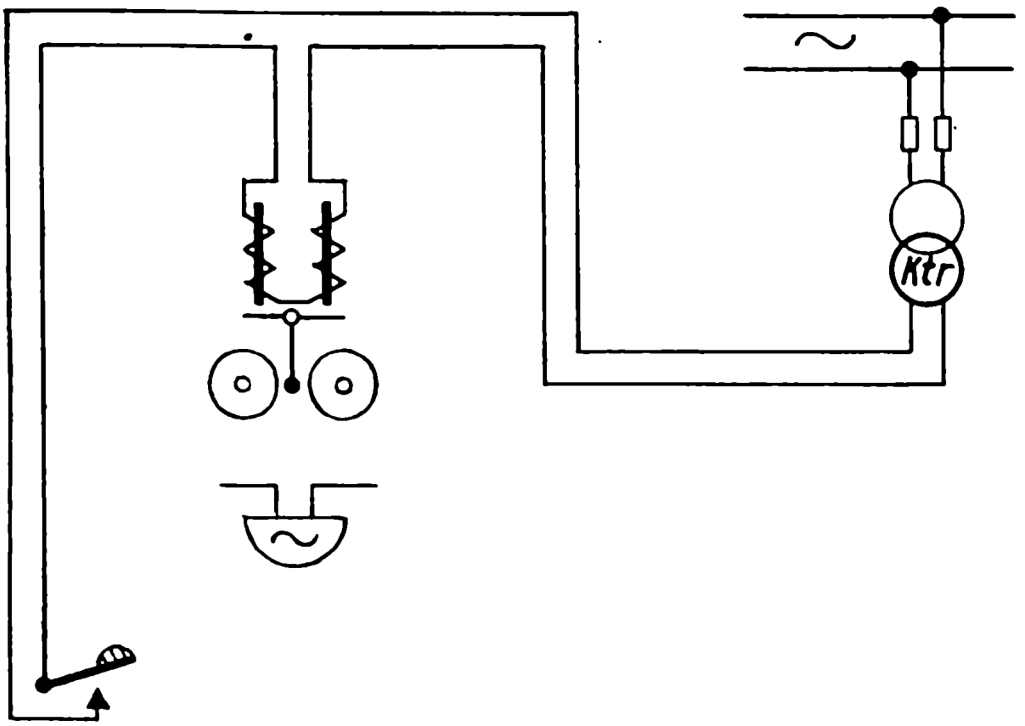
Fortschell-Wecker-Anlage



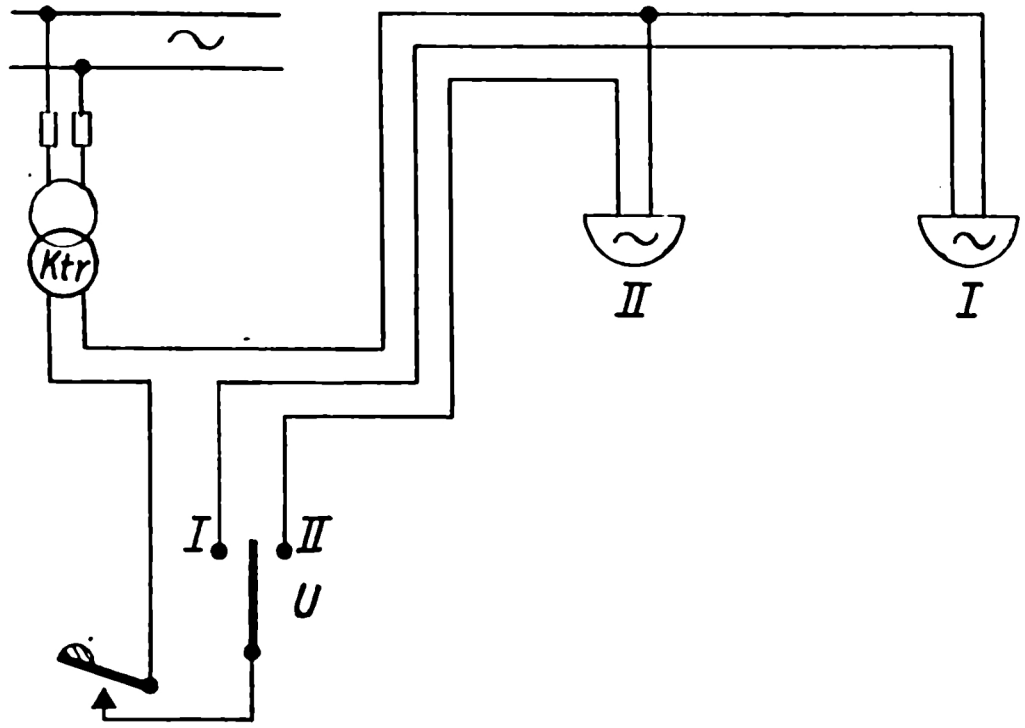
Ruhestrom-Wecker-Anlage



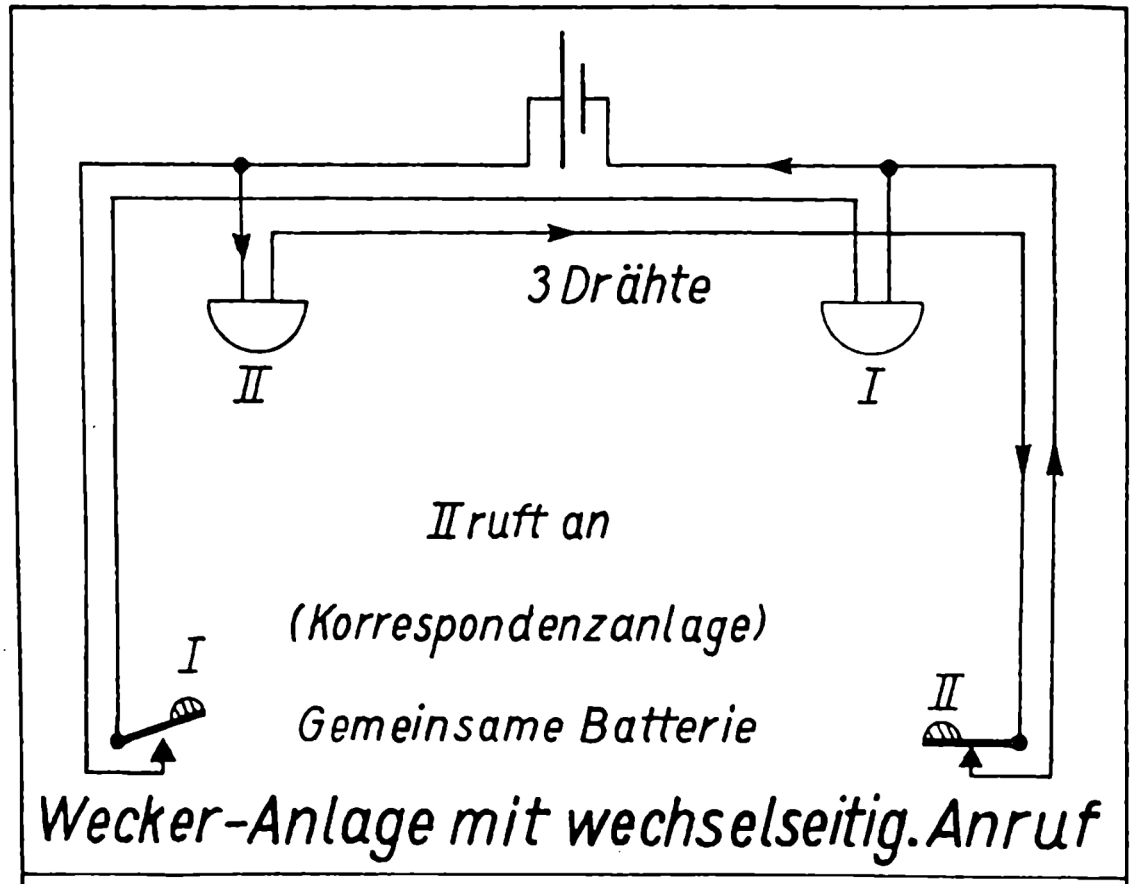
Wecker-Anlage mit Taste u. Türkontakt



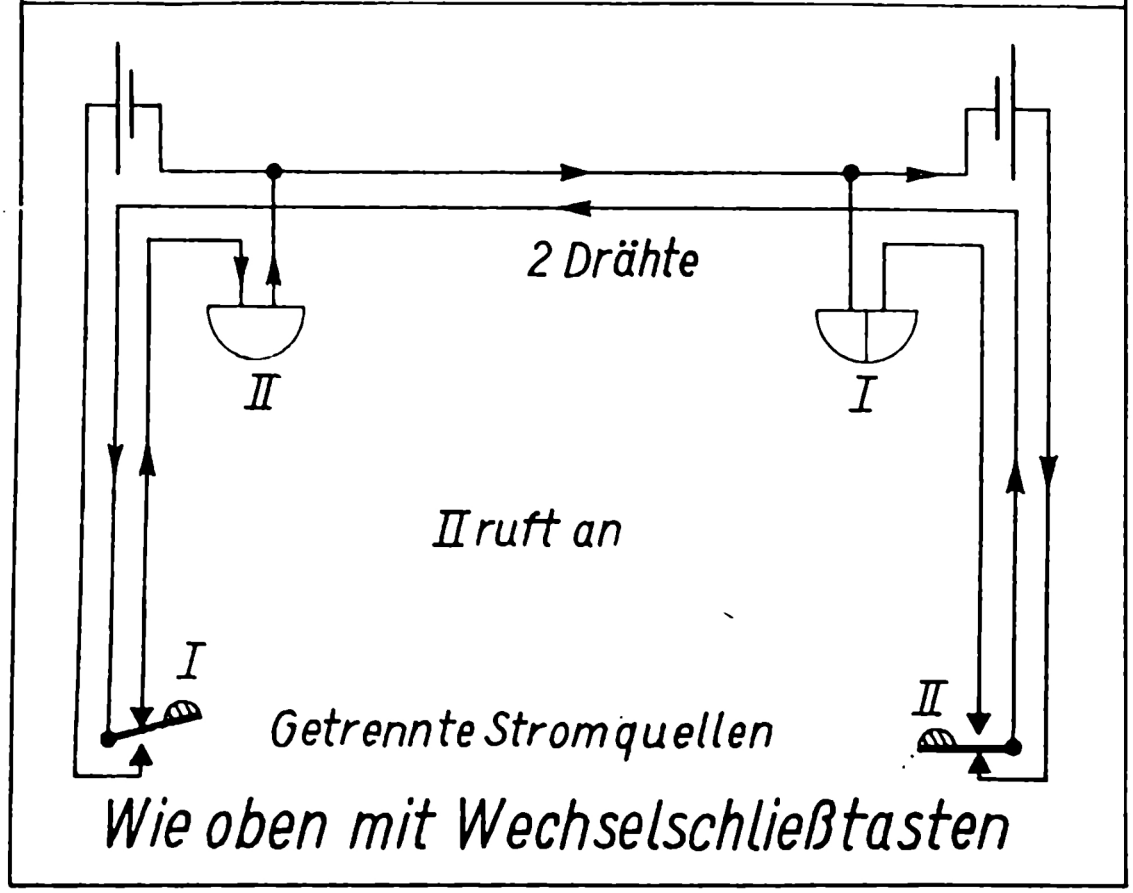
Wechselstrom – Wecker mit Klingeltransformator



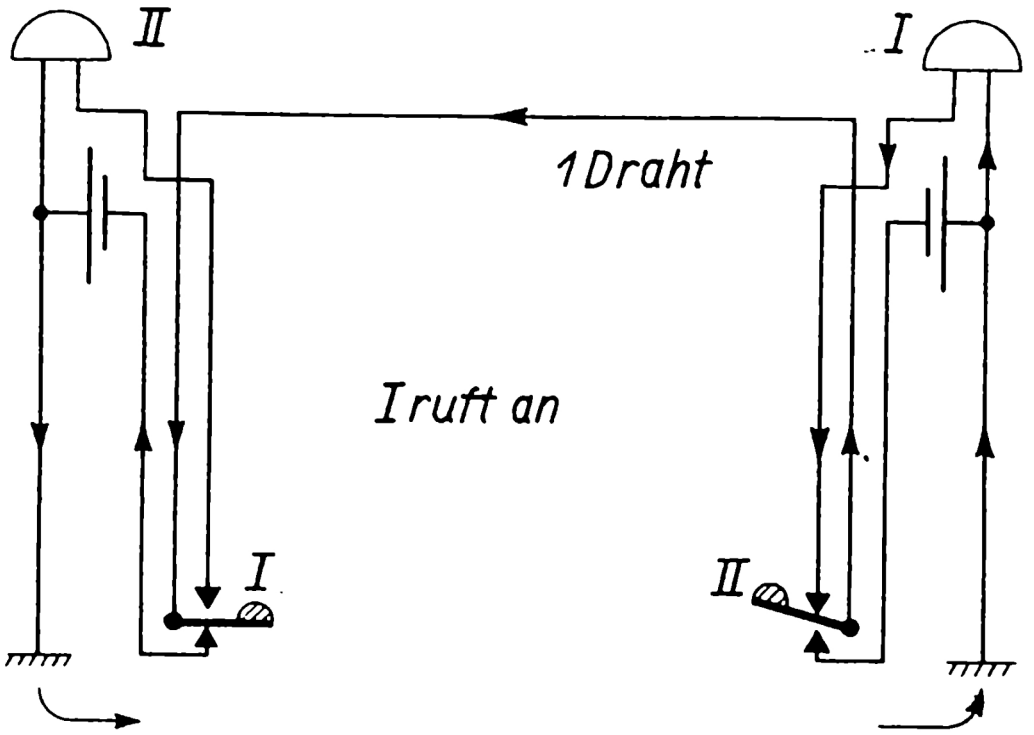
Wecker–Anlage mit Umschalter



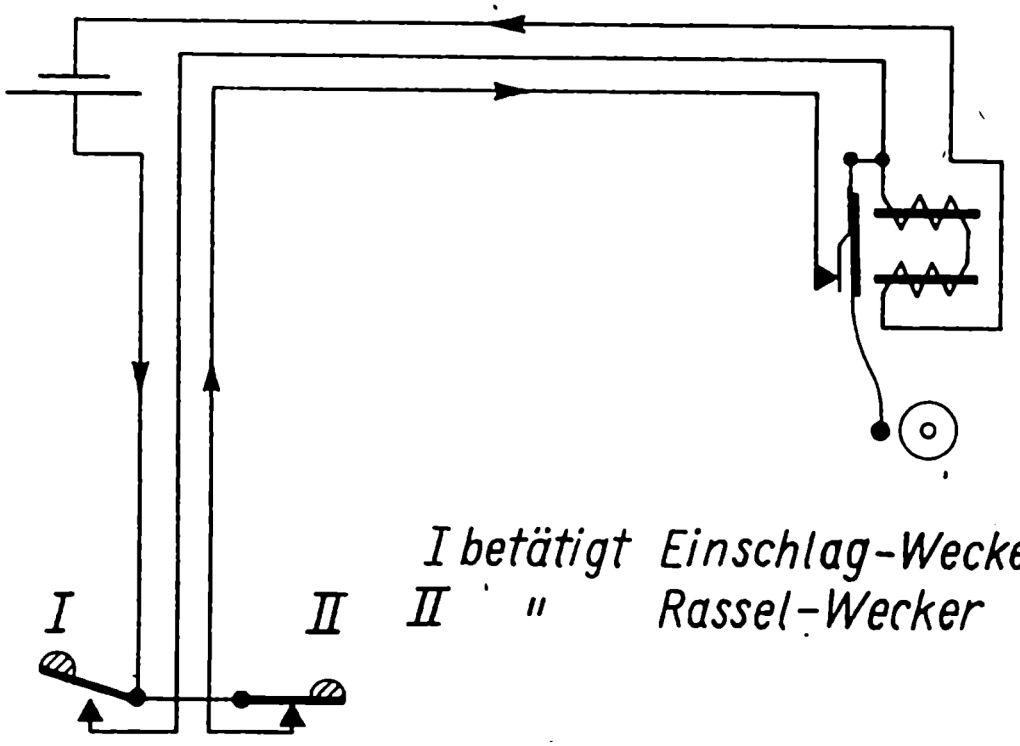
Wecker-Anlage mit wechselseitig. Anruf



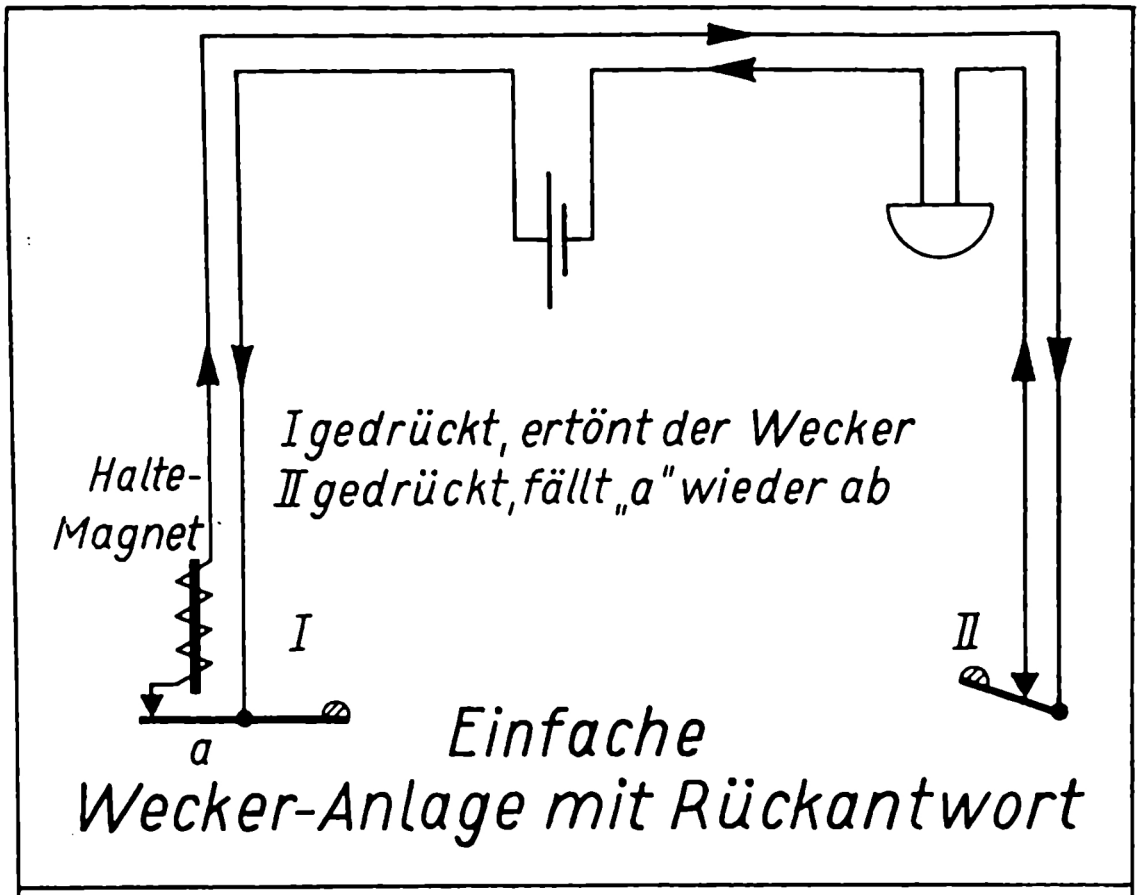
Wie oben mit Wechselschließtasten



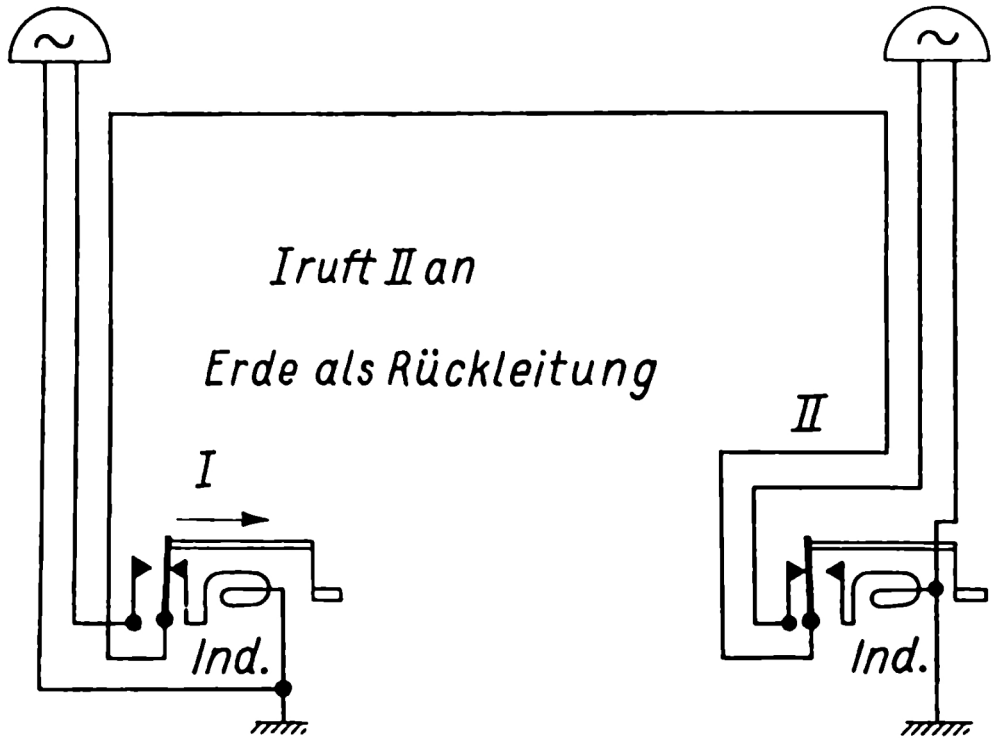
Wecker-Anlage mit wechselseitigem Anruf



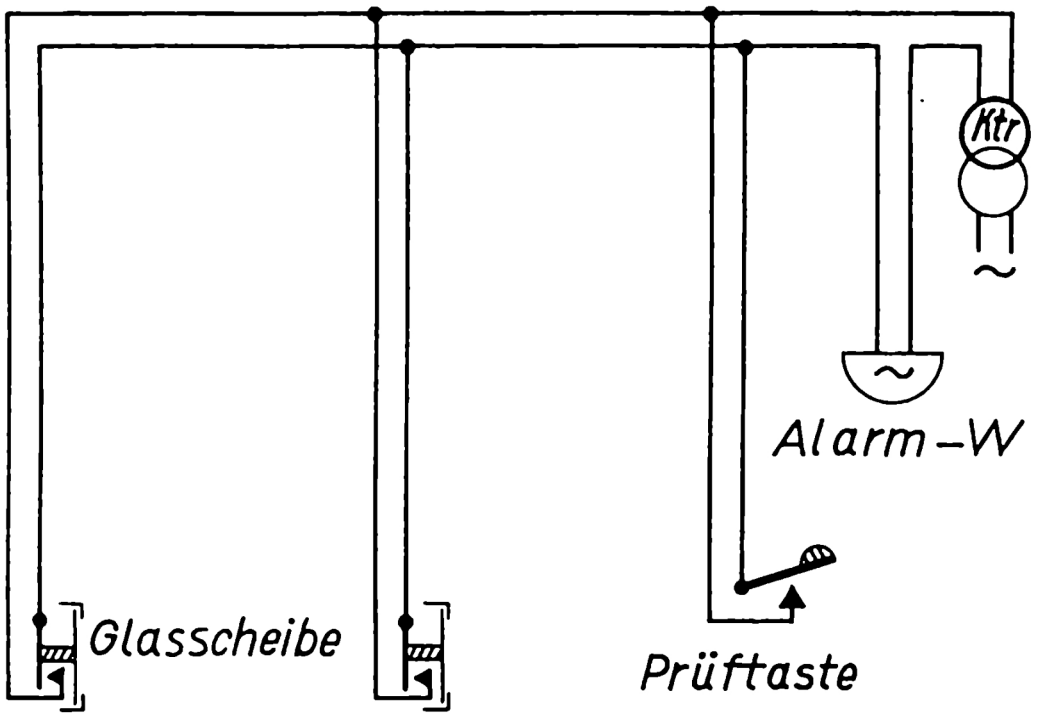
Einschlag-und Rasselwecker



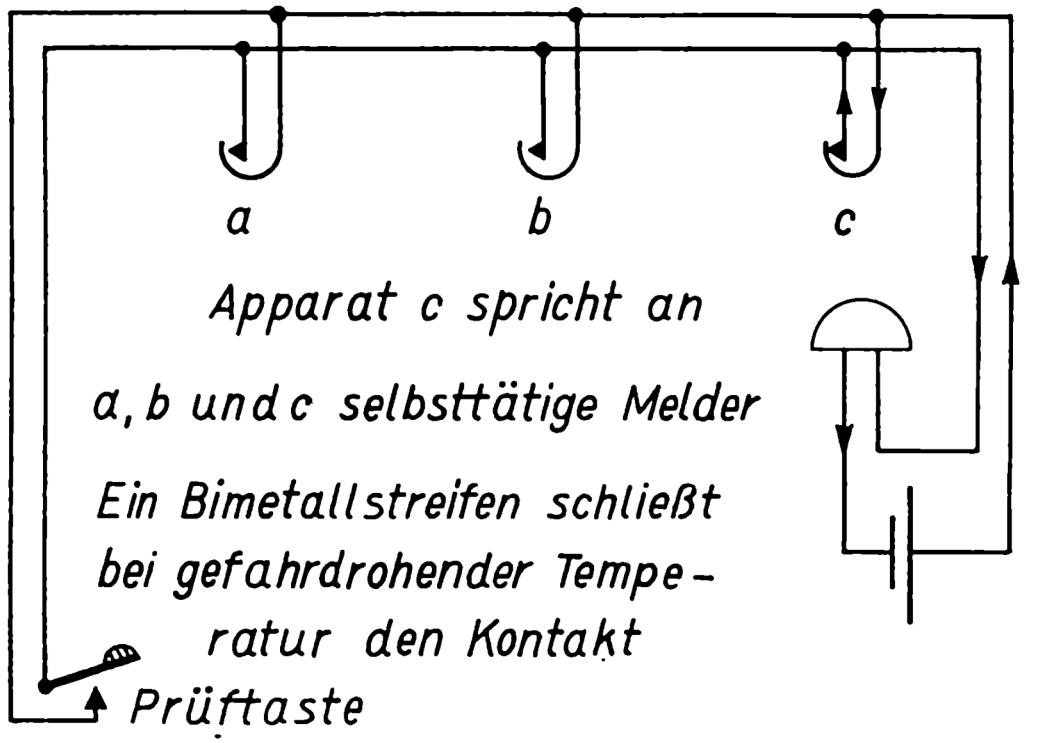
Einfache
Wecker-Anlage mit Rückantwort



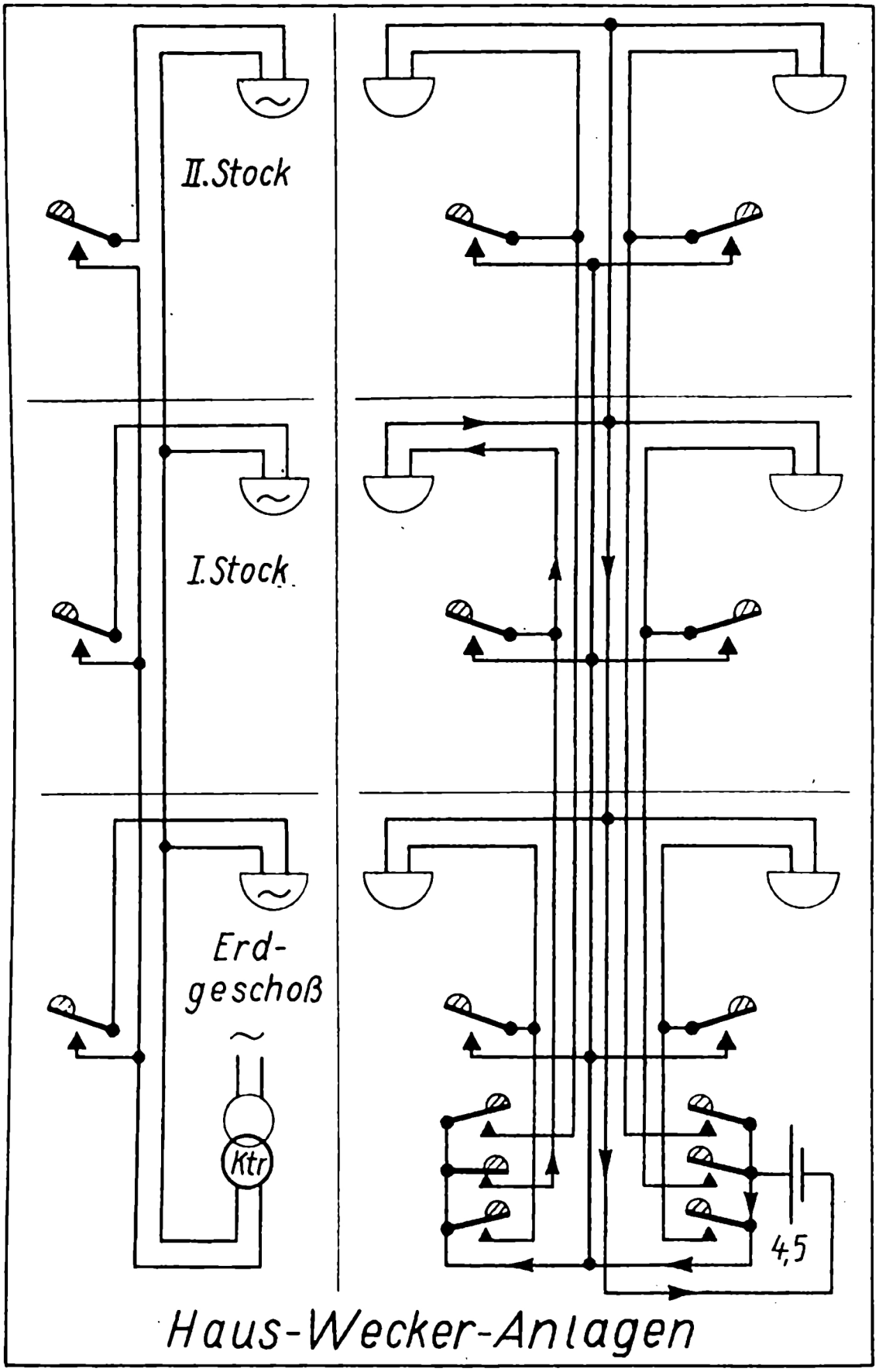
Wecker-Anlage mit Induktoranruf



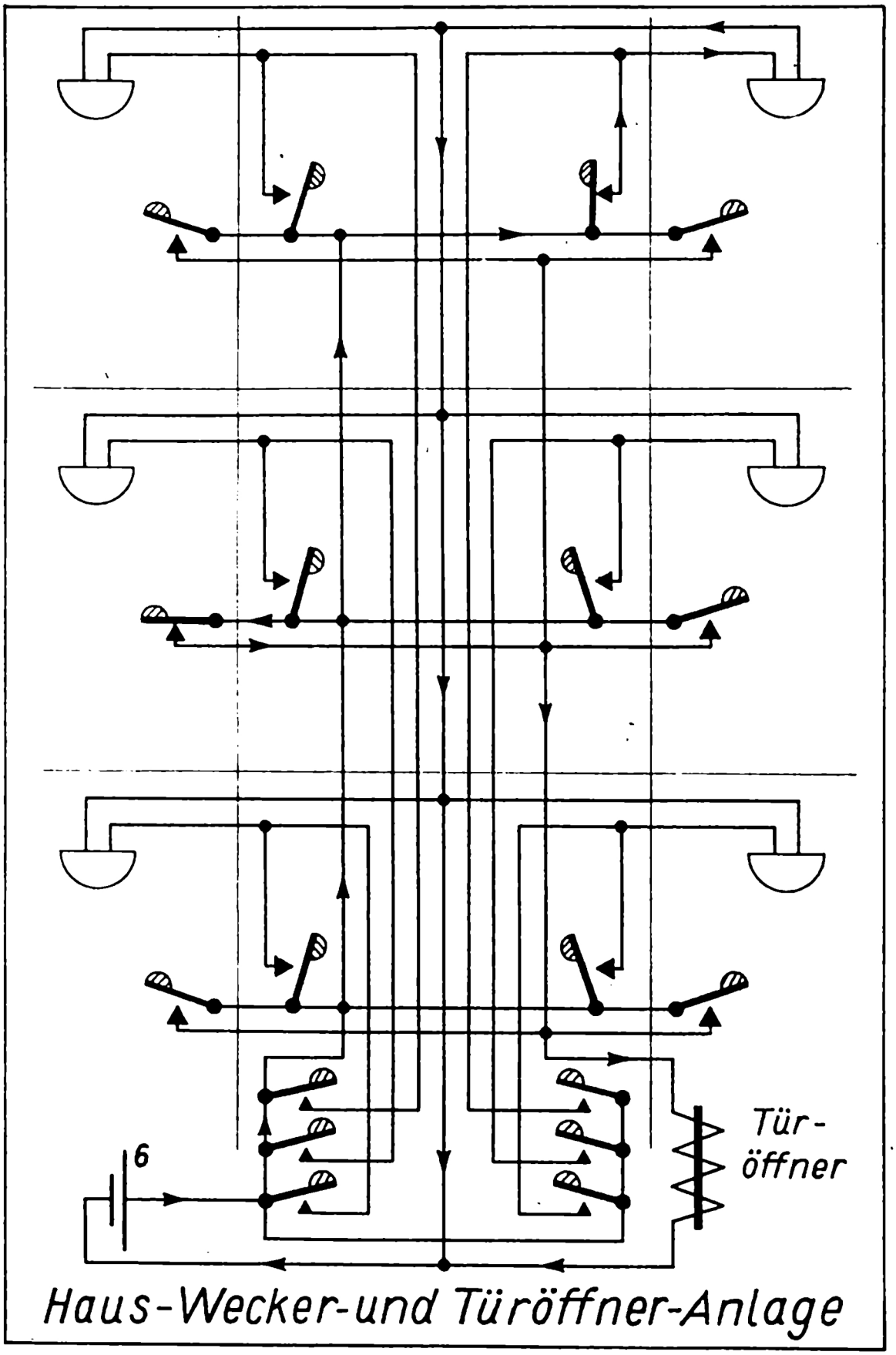
Bei Gefahr Glasscheibe einschlagen



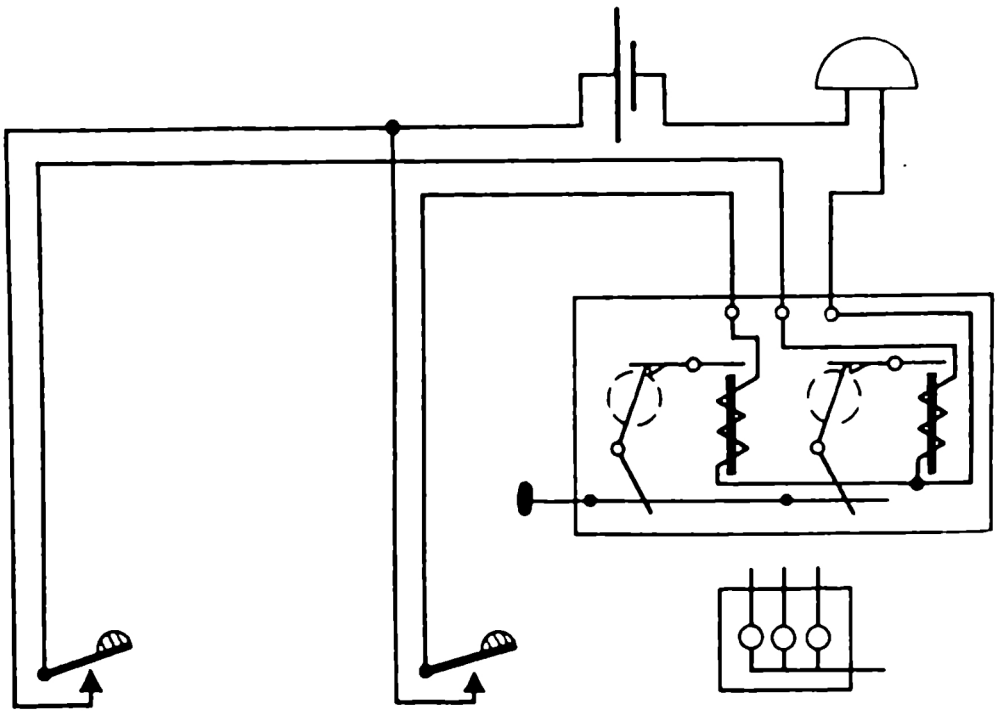
Gefahrmelde-Anlagen



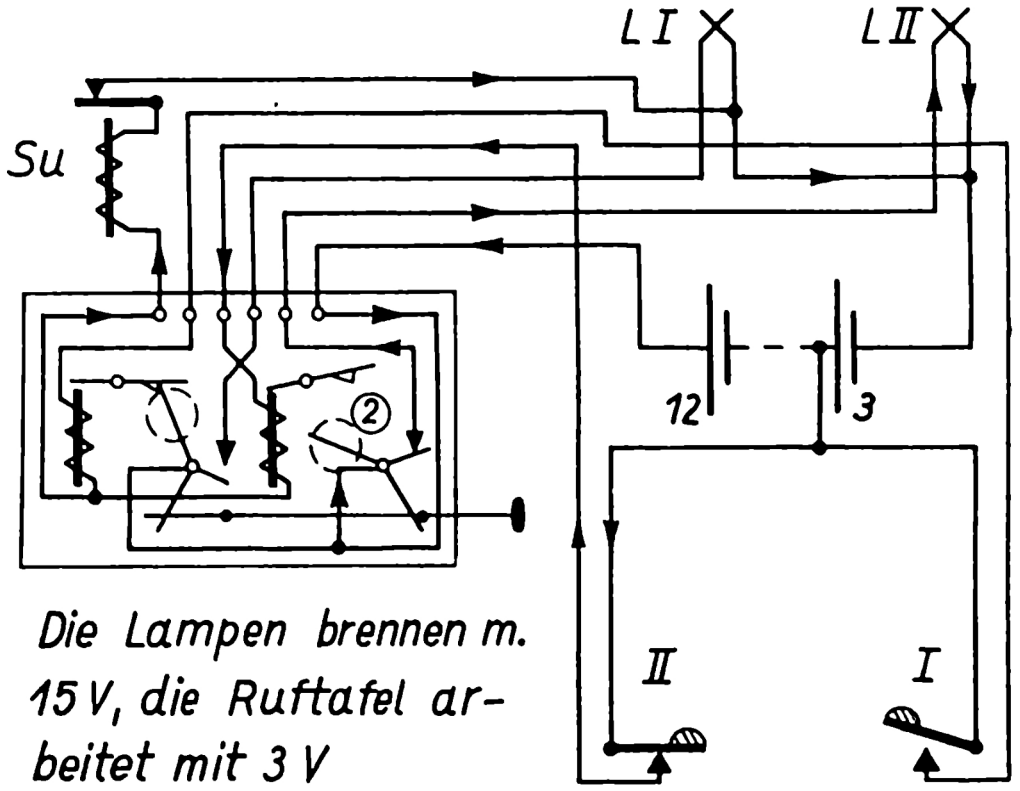
Haus-Wecker-Anlagen



Haus-Wecker-und Türöffner-Anlage

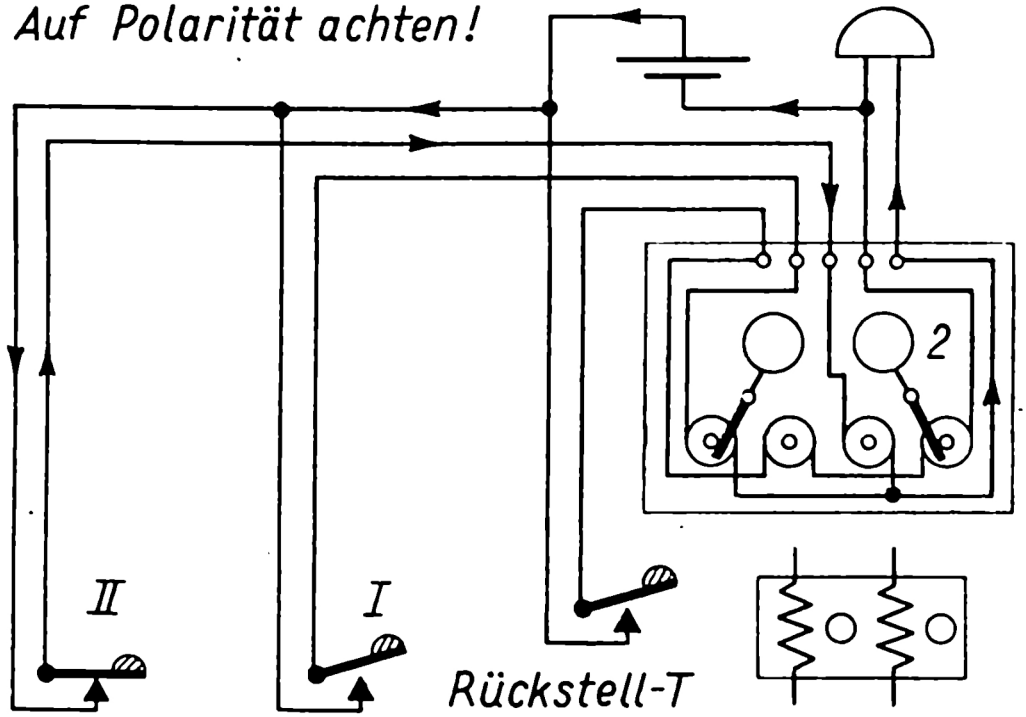


Mechanische Ruftafel (Tablo)

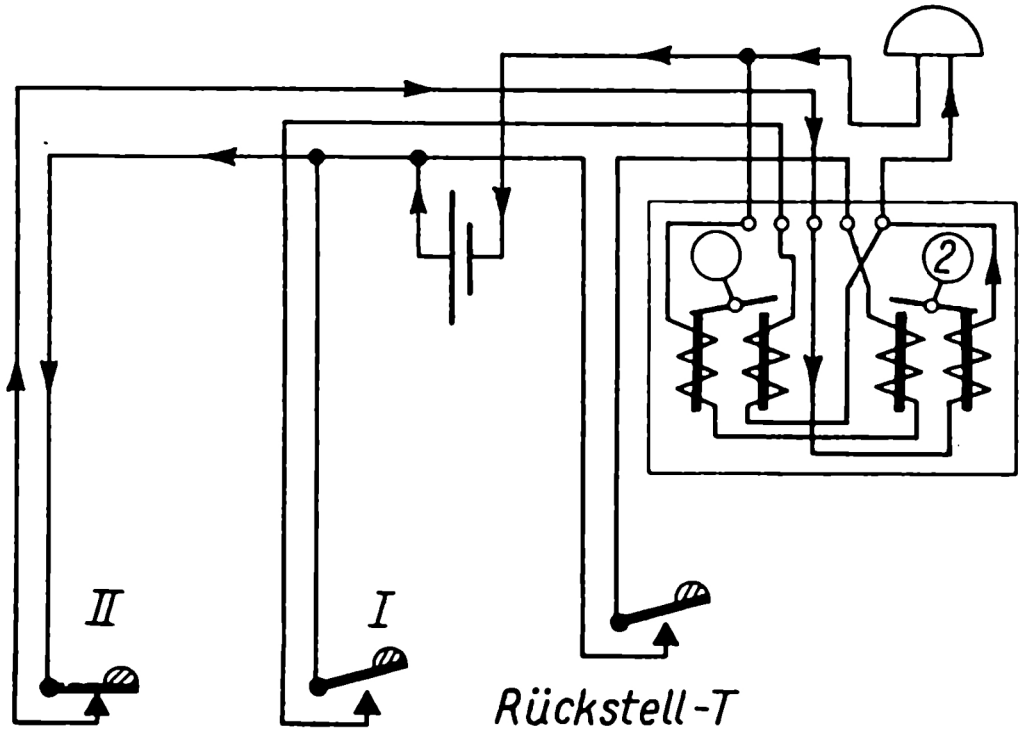


Die Lampen brennen m. 15 V, die Ruftafel arbeitet mit 3 V

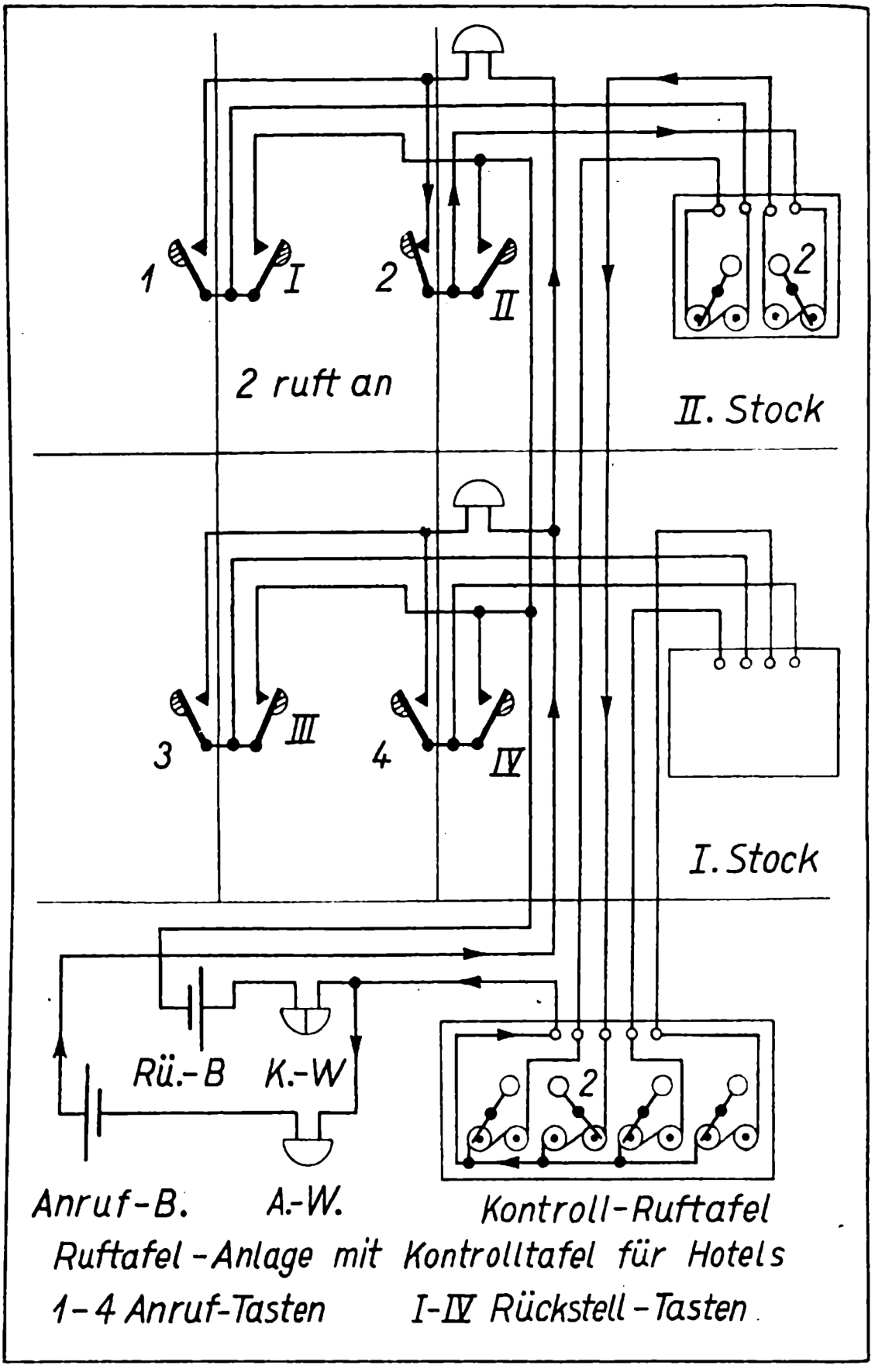
Mechan. Ruftafel m. Summer u. Lampen



Stromwechsel-Ruftafel

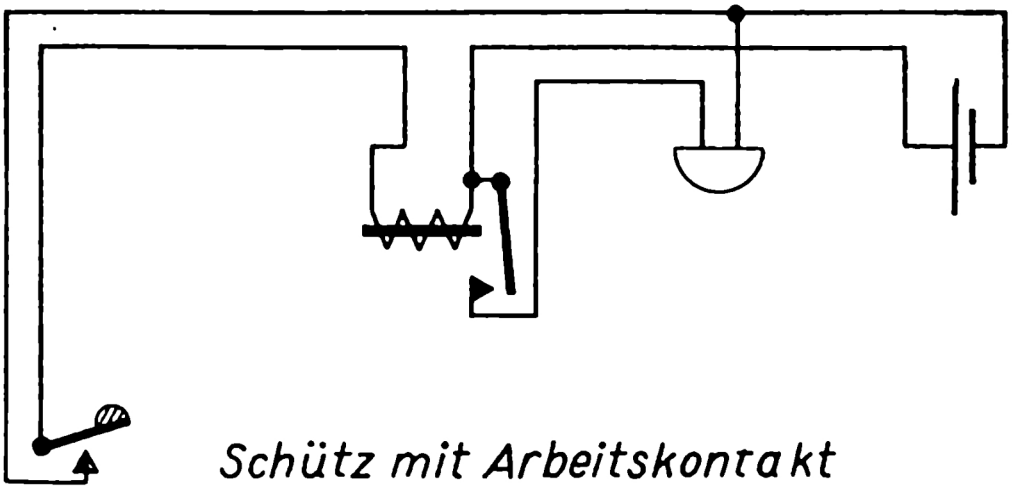


Kippklappen-Ruftafel

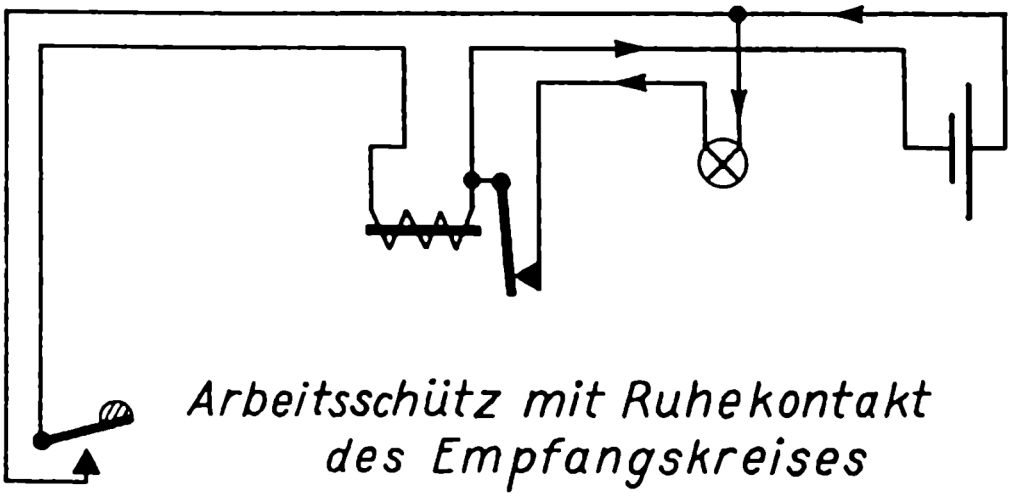


Ruftafel-Anlage mit Kontrolltafel für Hotels

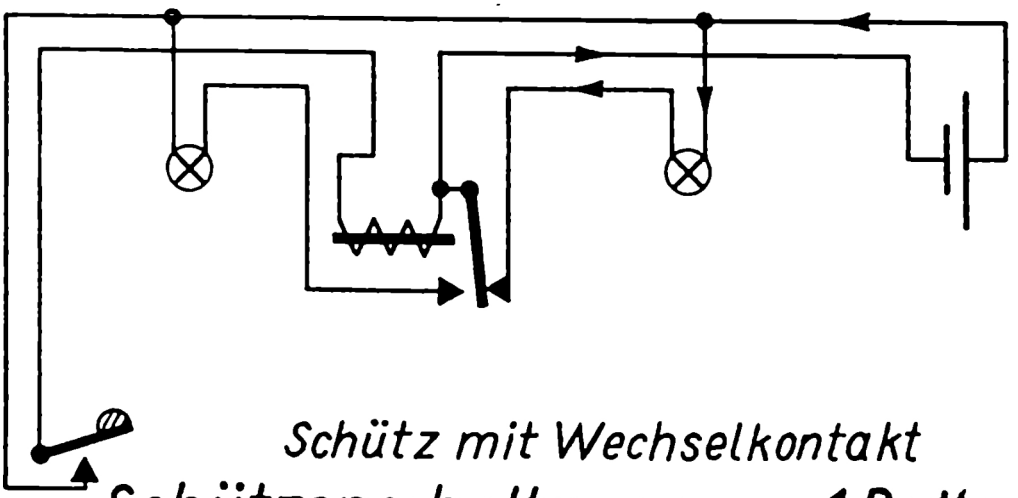
1-4 Anruf-Tasten I-IV Rückstell-Tasten



Schütz mit Arbeitskontakt

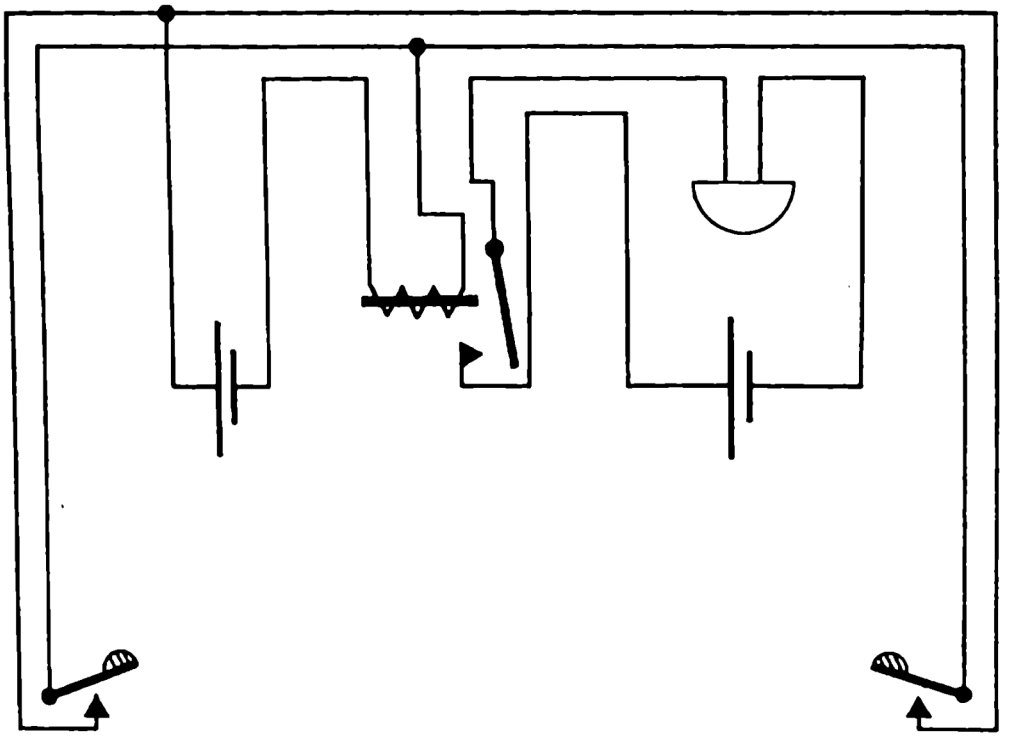


Arbeitsschütz mit Ruhekontakt
des Empfangskreises

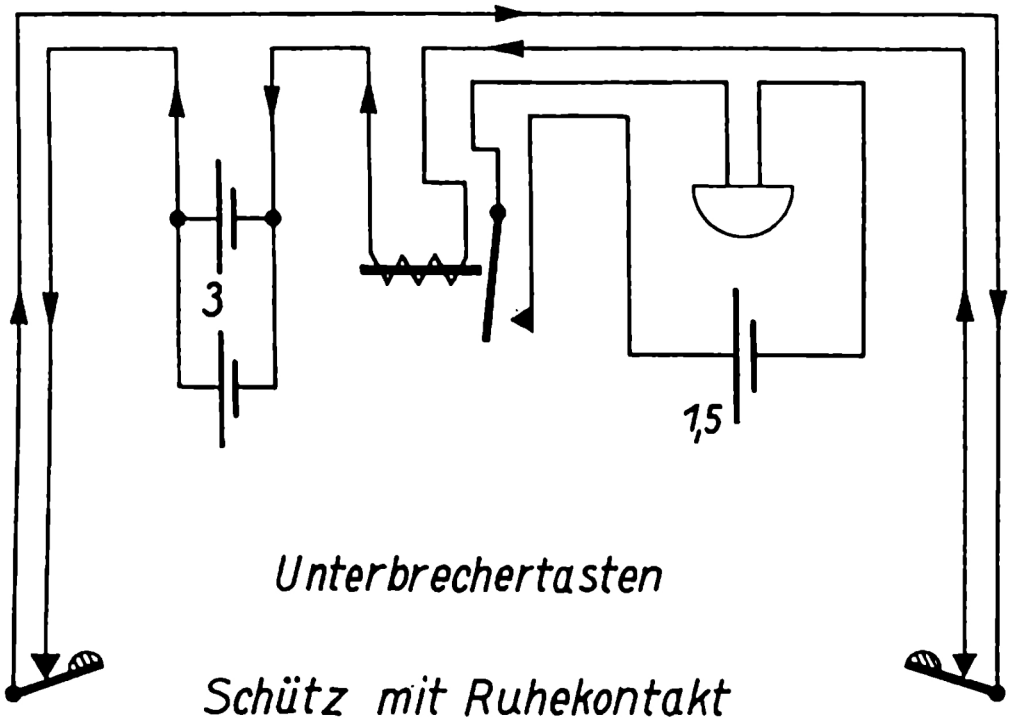


Schütz mit Wechselkontakt

Schützenschaltungen m. 1 Batterie



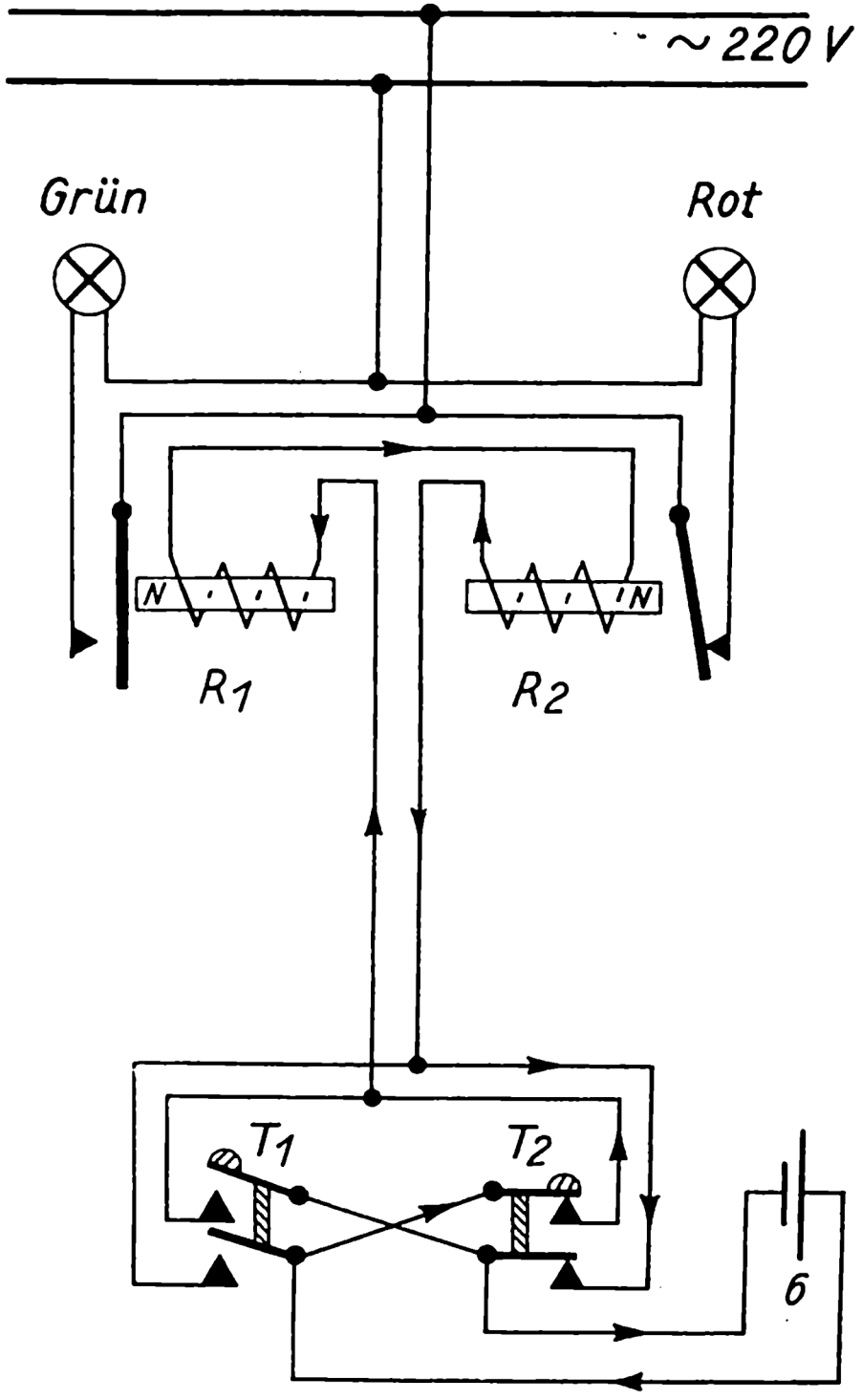
Schütz mit Arbeitskontakt



Unterbrechertasten

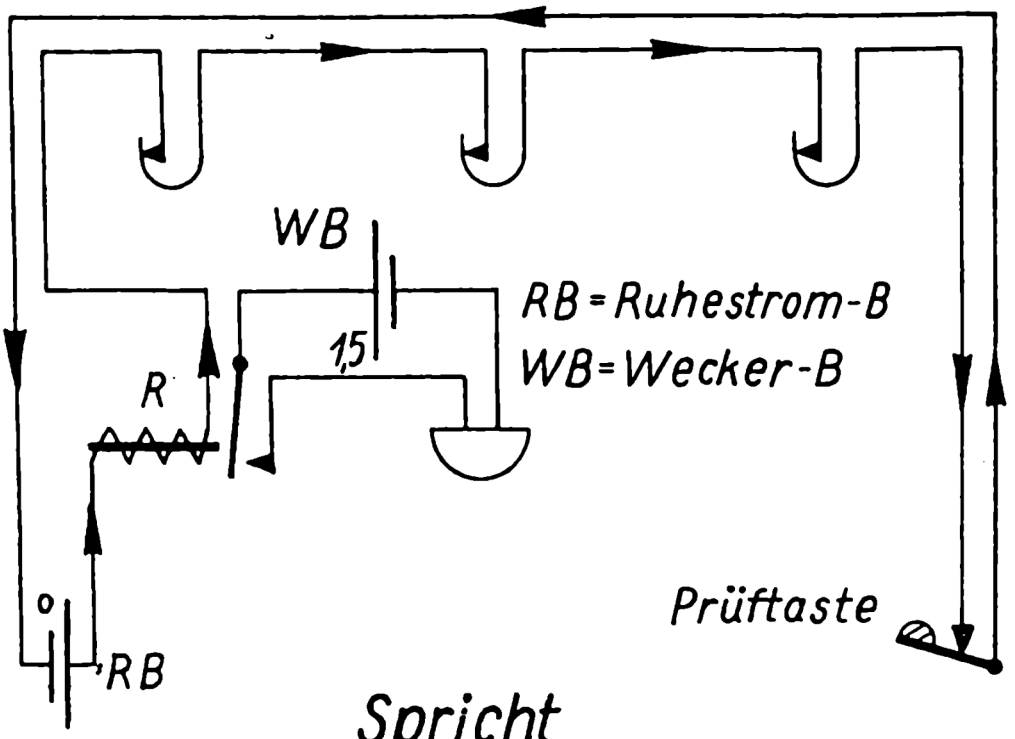
Schütz mit Ruhekontakt

Schützenschaltung mit 2 Batterien

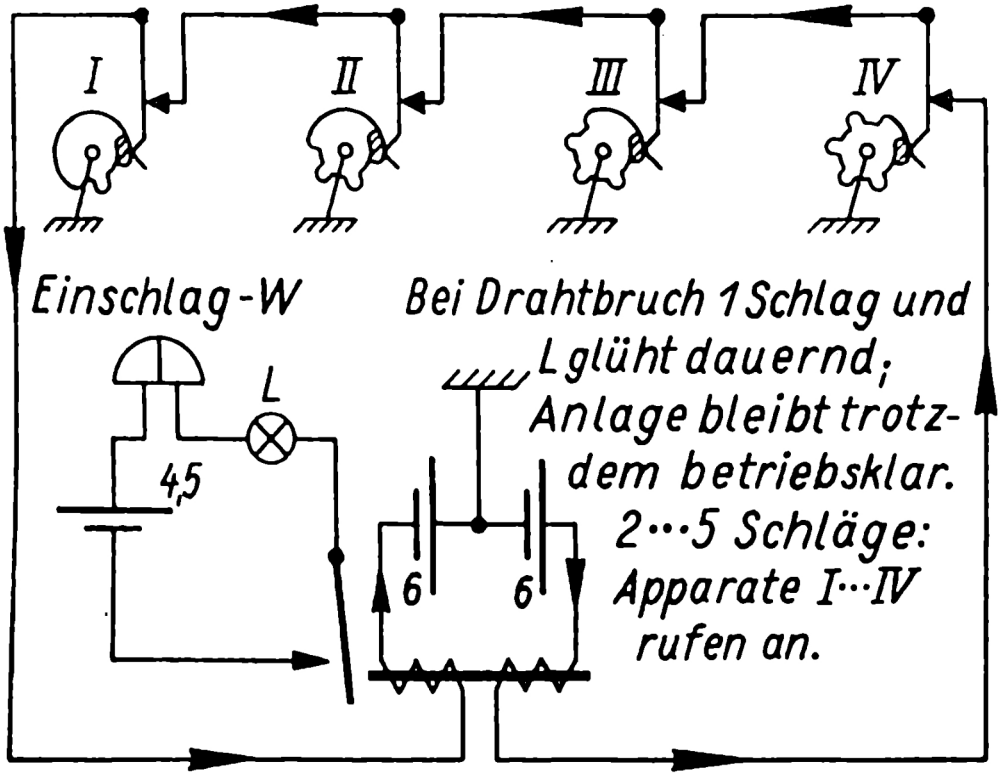


T_2 ist gedrückt. R_2 schließt den Stromkreis für die rote Lampe

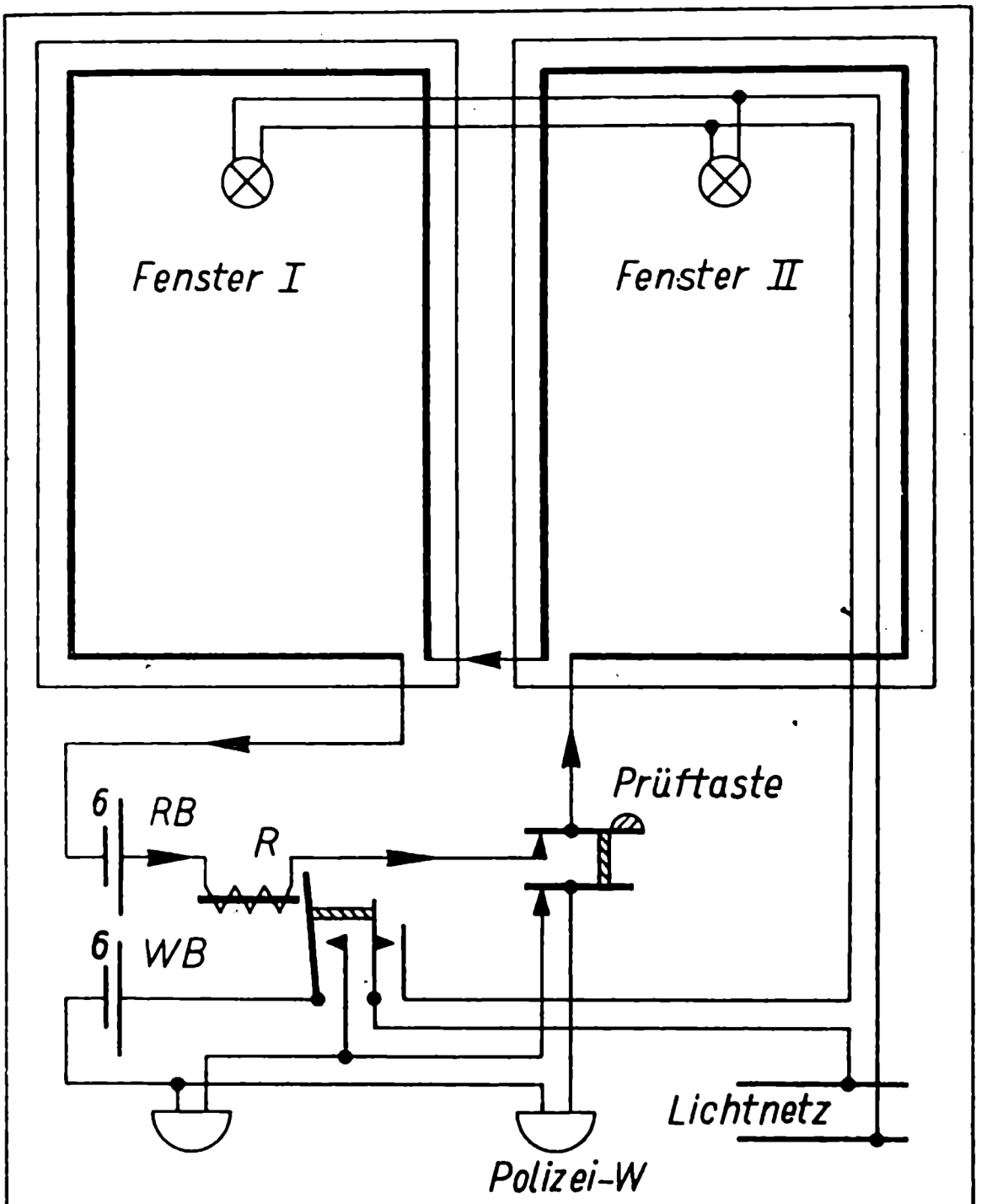
Gepolte Schützen



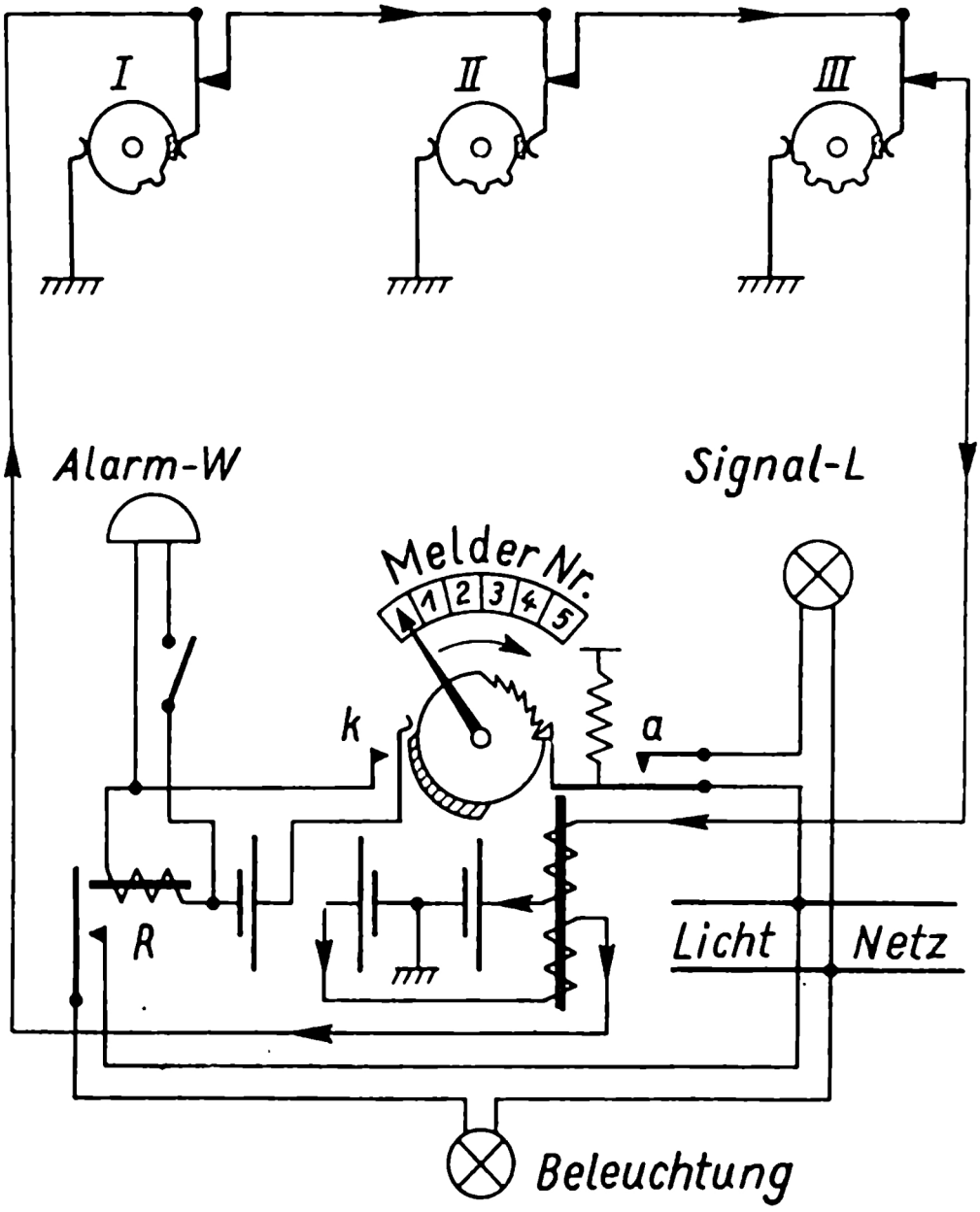
Spricht
ein Apparat an, so ertönt der Wecker



Alarm-Anlagen für Ruhestrom

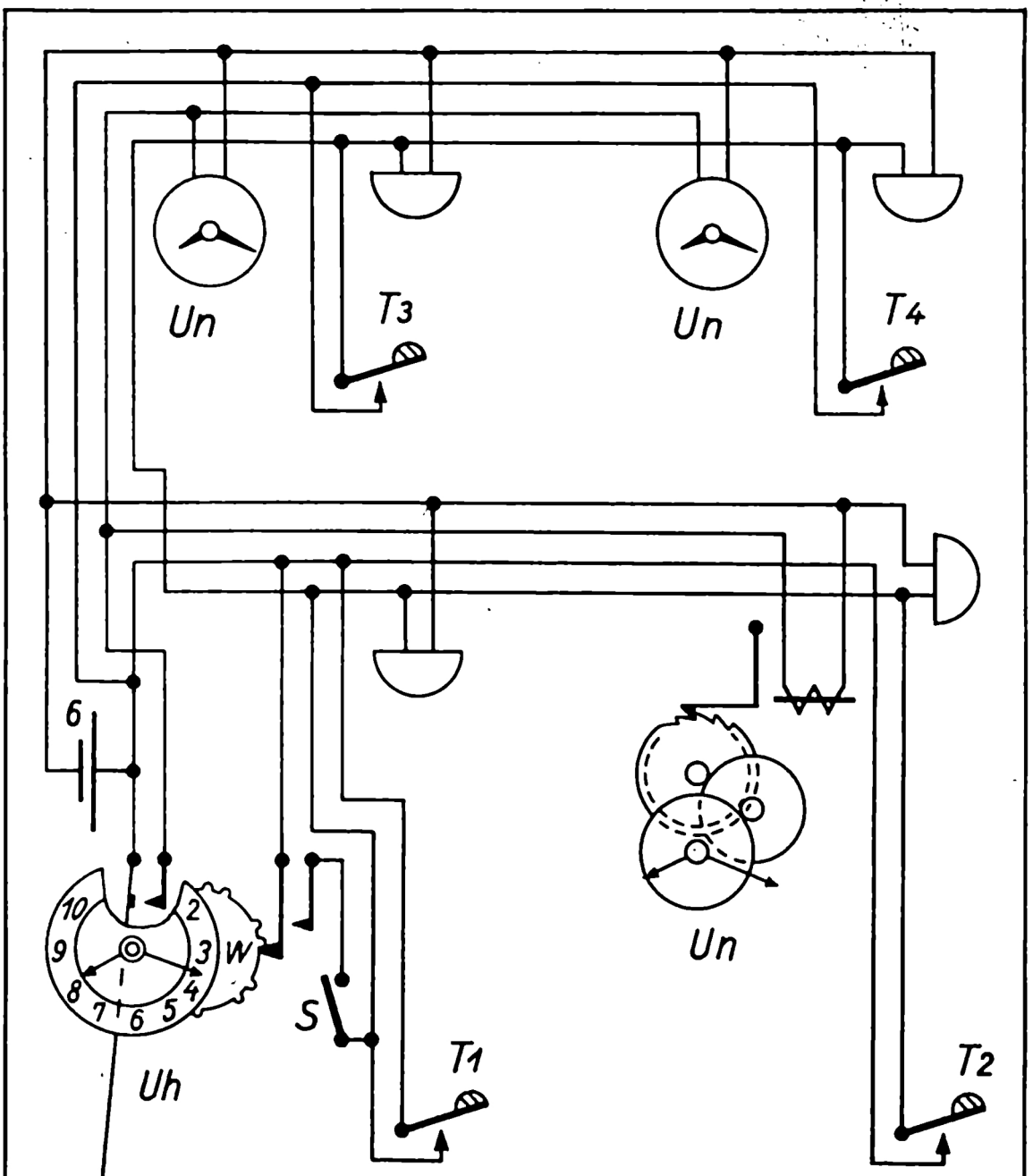


Alarm-Anlage für Schaufenster-Einbruch. Wird durch Einschlagen einer Scheibe der Ruhestromkreis unterbrochen, schließt das Schütz die Stromkreise für die Wecker und Licht. Die Prüftaste unterbricht den Polizeiruf bei Kontrolle



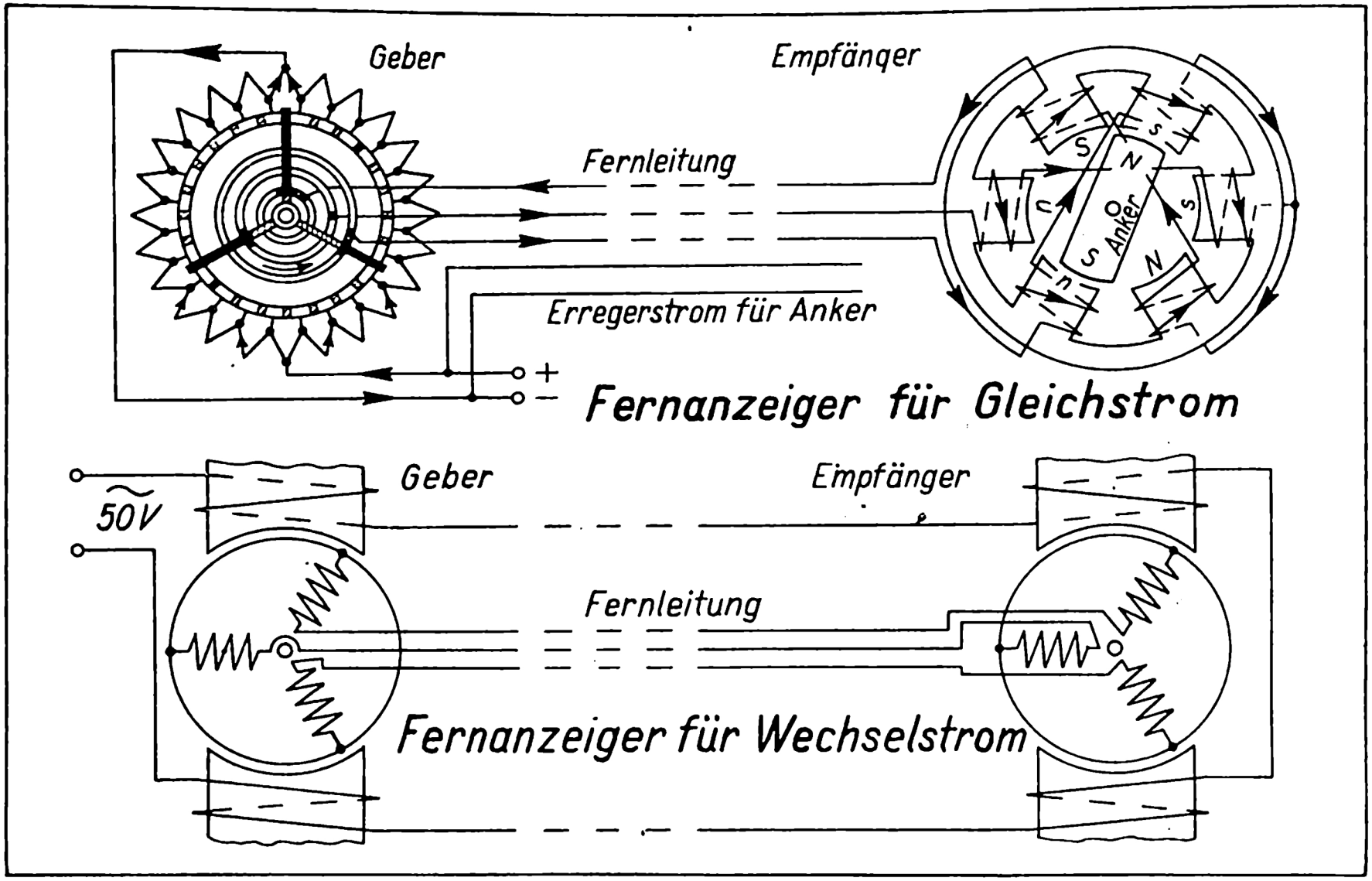
Feuermelde-Anlage

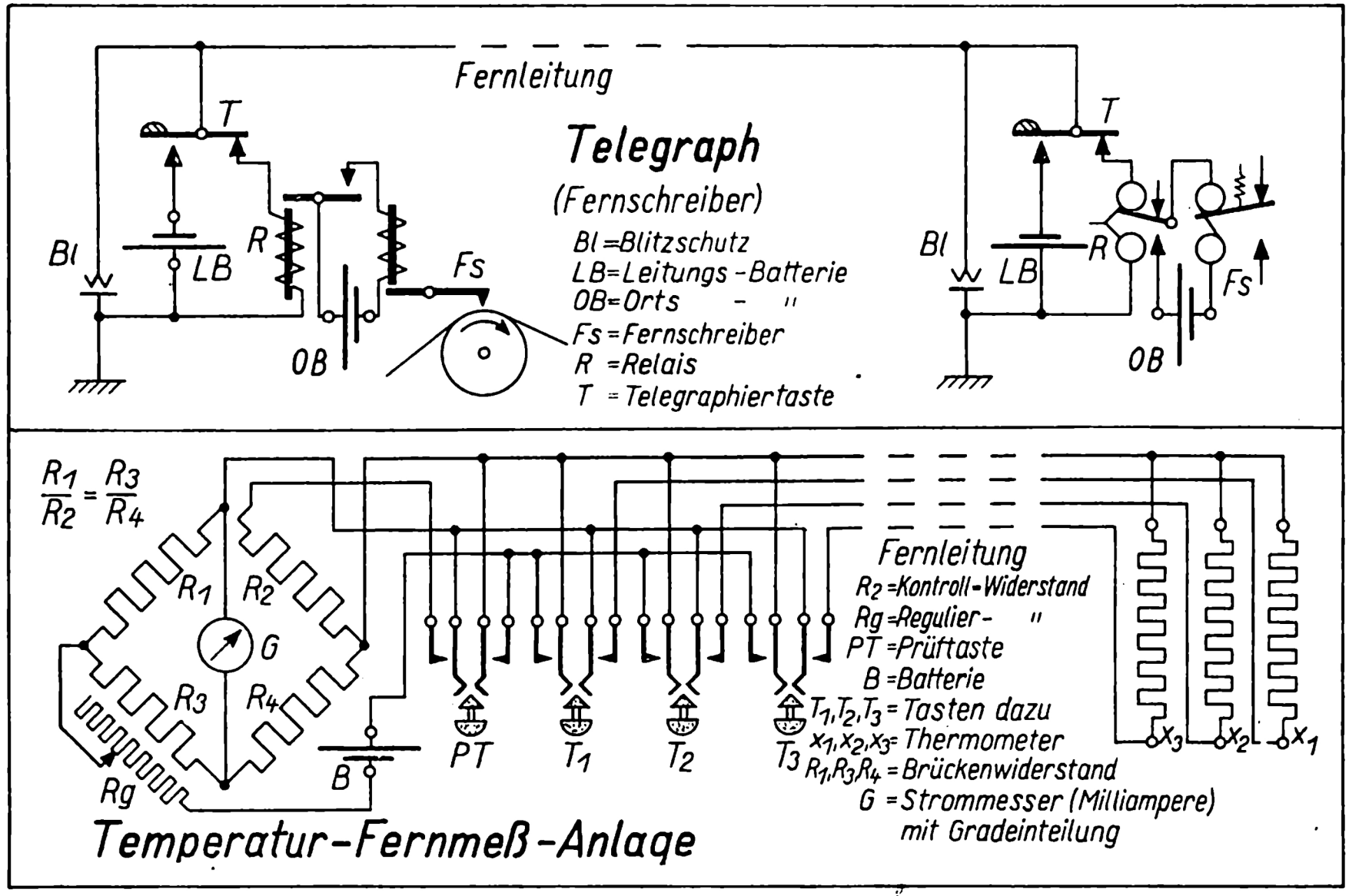
Wird ein Melder (I, II oder III) in Tätigkeit gesetzt, so wird der Empfänger entsprechend den Stromstößen bewegt, der Zeiger gibt den Melder an, k schließt den Kontakt für den Alarm-W und Schütz R. — Letzteres schaltet die Beleuchtung ein. Bei Drahtbruch läßt der Anker los und schaltet die Signallampe ein; trotzdem ist die Anlage noch betriebsklar (über Erde).



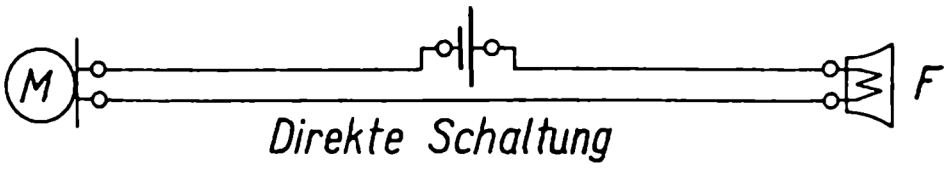
Elektrische Uhren-Anlage

Die Hauptuhr Uh gibt die Stromstöße für die Nebenuhren Un. Die Schaltwalze W betätigt die 4 Wecker (Pausenzeichen). Mittels Schalter S können die W außer Betrieb gesetzt werden (Ferien). T1 ··· T4 dienen zum Inbetriebsetzen der W bei Feueralarm

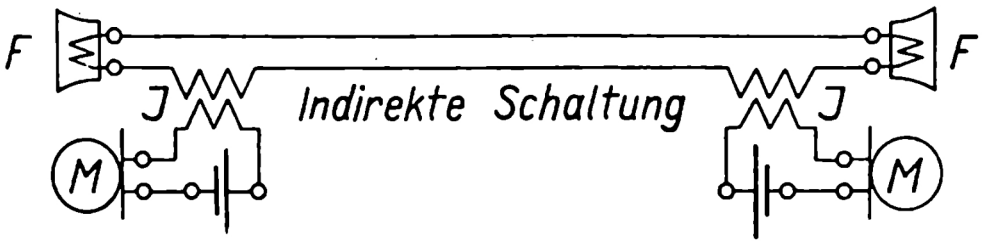

Geber
Empfänger
Fernleitung
Erregerstrom für Anker
Anker
+
–
Fernanzeiger für Gleichstrom
Geber
Empfänger
50V
Fernleitung
Fernanzeiger für Wechselstrom


Fernleitung
T
Bl
LB
R
Fs
OB
Telegraph
(Fernschreiber)
Bl = Blitzschutz
LB = Leitungs-Batterie
OB = Orts - "
Fs = Fernschreiber
R = Relais
T = Telegraphiertaste
Fernleitung
T
Bl
LB
R
Fs
OB
R1/R2 = R3/R4
R1
R2
G
R3
R4
Rg
B
PT
T1
T2
T3
Fernleitung
R2 = Kontroll-Widerstand
Rg = Regulier- "
PT = Prüftaste
B = Batterie
T1, T2, T3 = Tasten dazu
x1, x2, x3 = Thermometer
R1, R3, R4 = Brückenwiderstand
G = Strommesser (Milliampere)
mit Gradeinteilung
x3
x2
x1
Temperatur-Fernmeß-Anlage

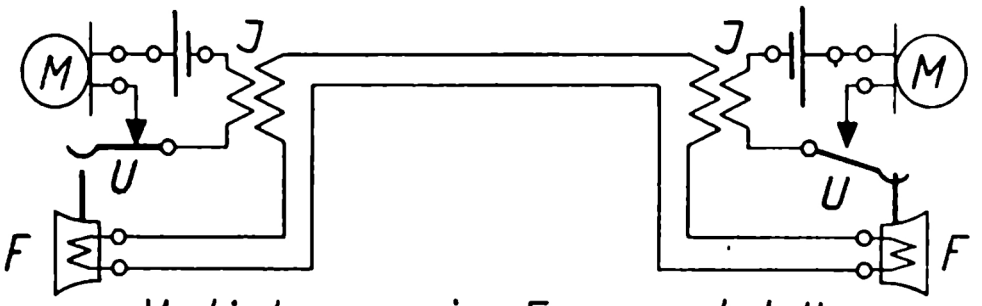
Fernsprech-Anlagen



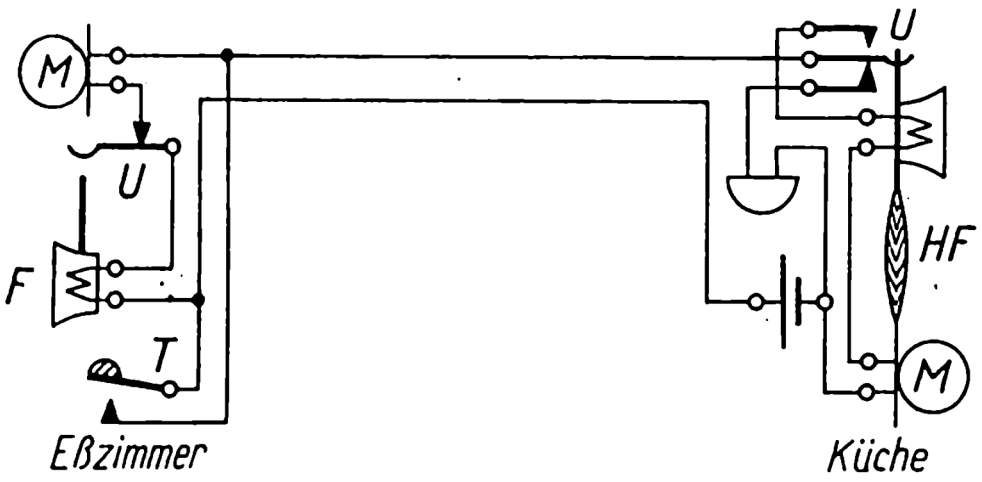
Direkte Schaltung



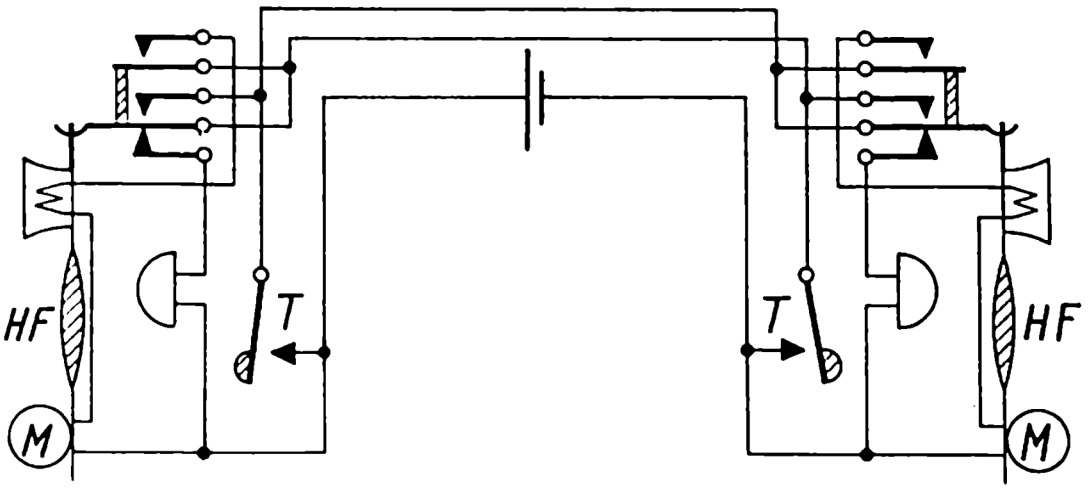
Indirekte Schaltung



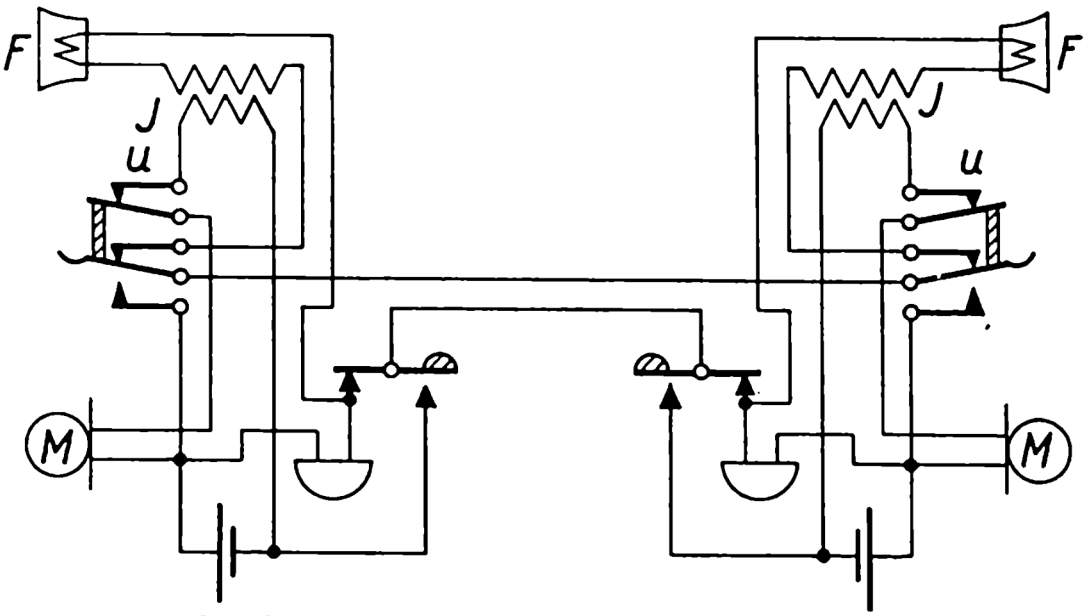
Verbindung zweier Fernsprechsteller
(ohne Anruf)



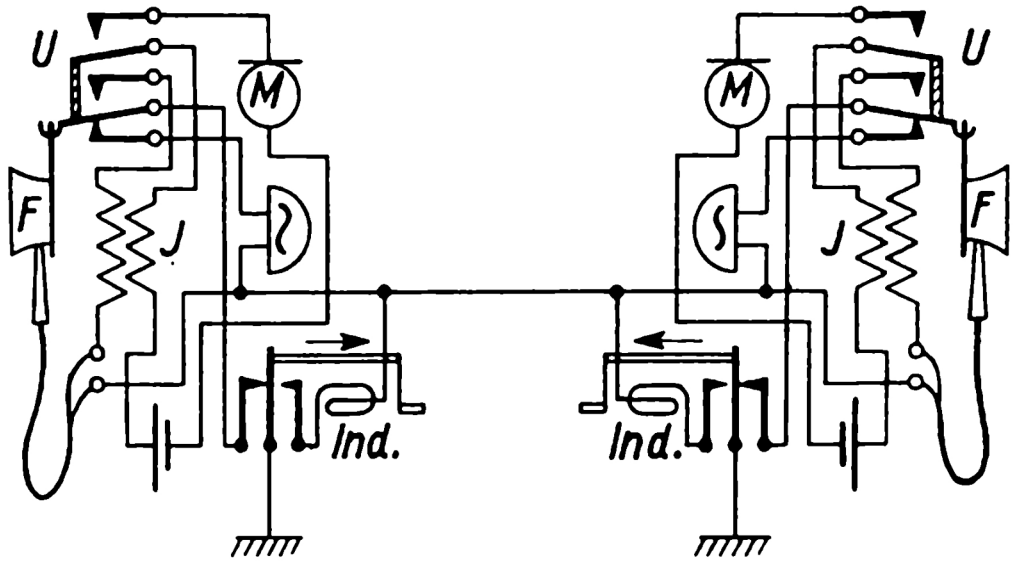
Einfache Fernsprechanlage mit Anruf
nur von einer Stelle



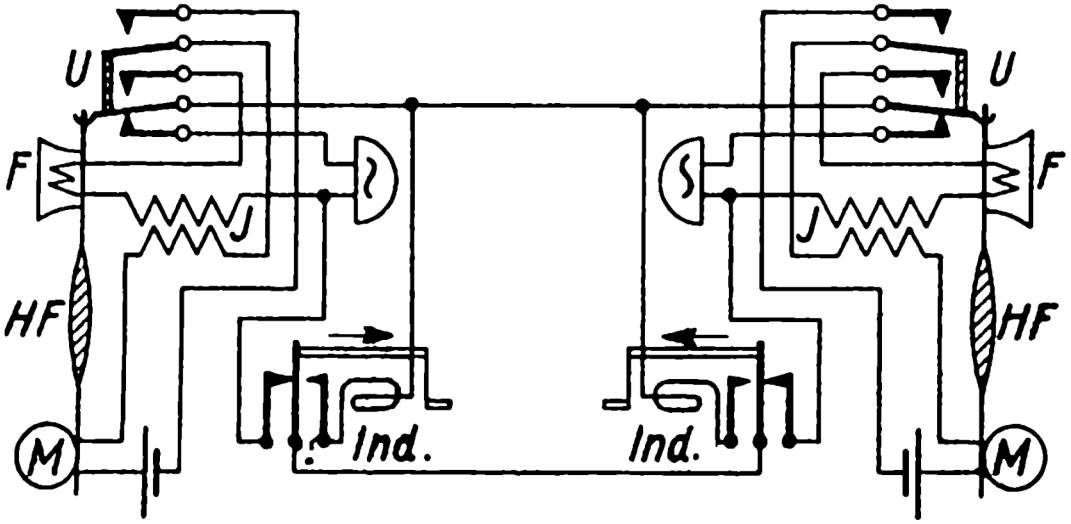
Hausfernsprechanlage
mit gemeinsamer Batterie
(direkte Schaltung)



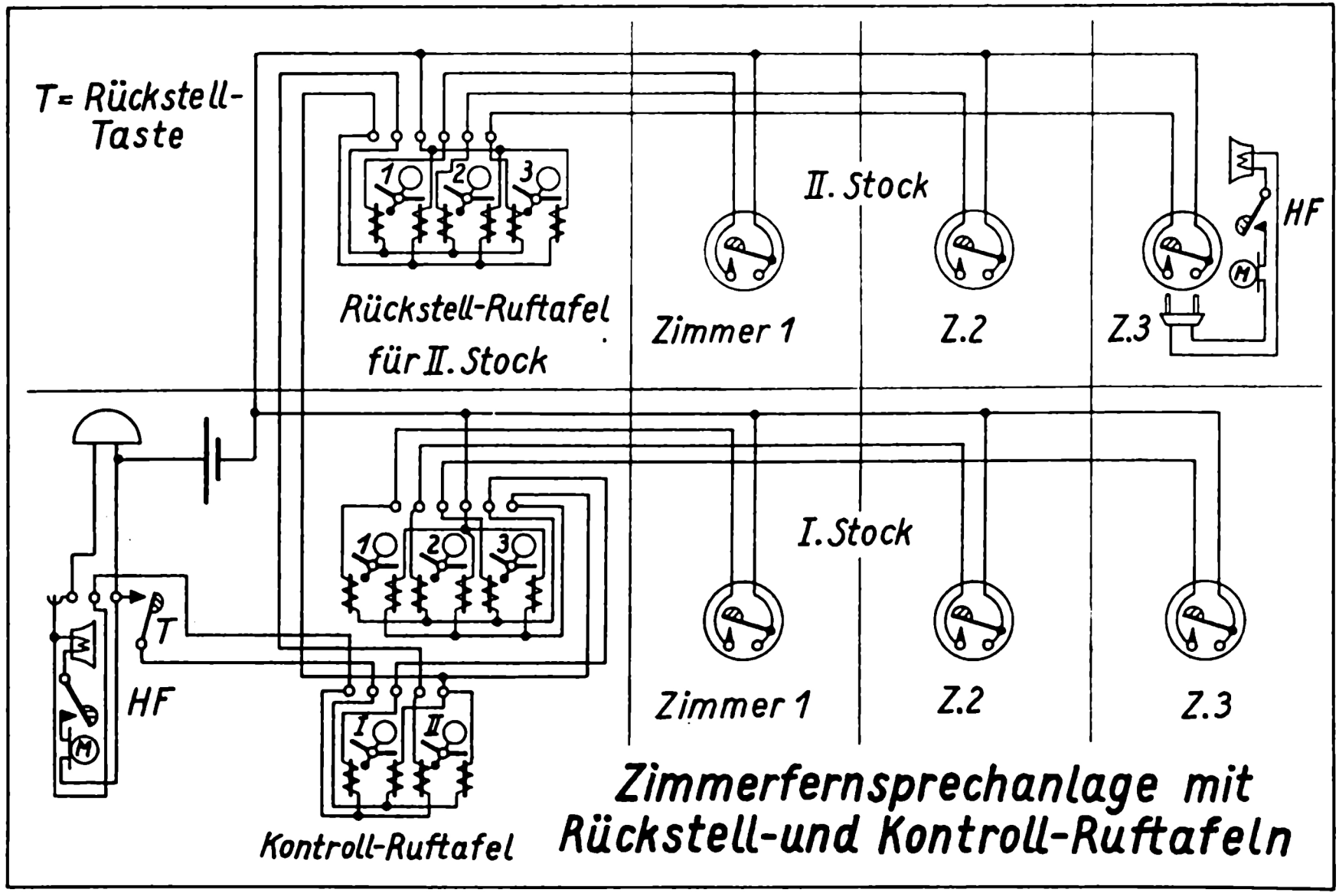
Verbindung zweier Sprechstellen
(indirekte Schaltung)



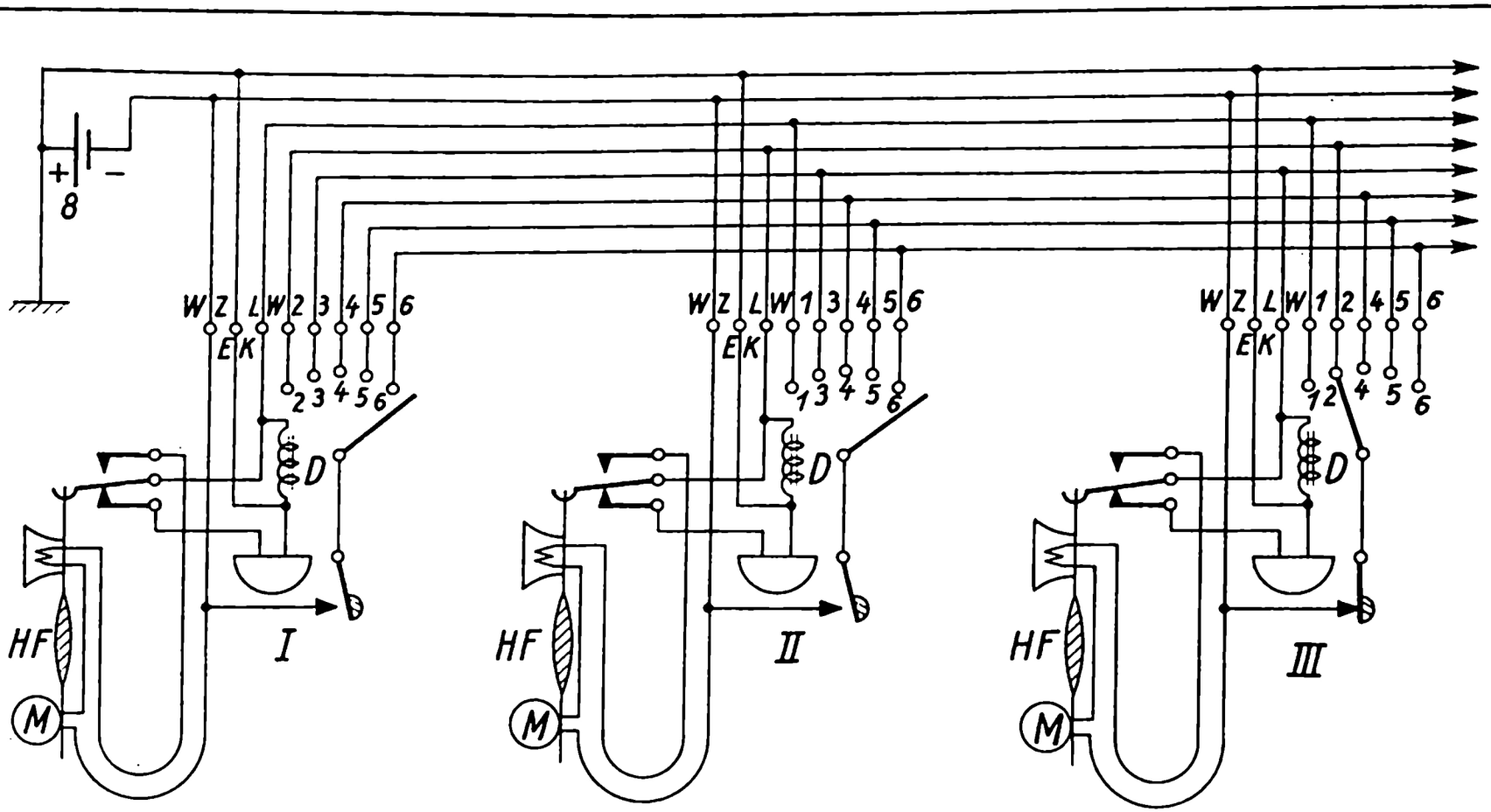
Verbindung zweier Sprechstellen mit Induktor-Anruf (Erde als Rückleitung)



Verbindung zweier Sprechstellen mit Induktor-Anruf

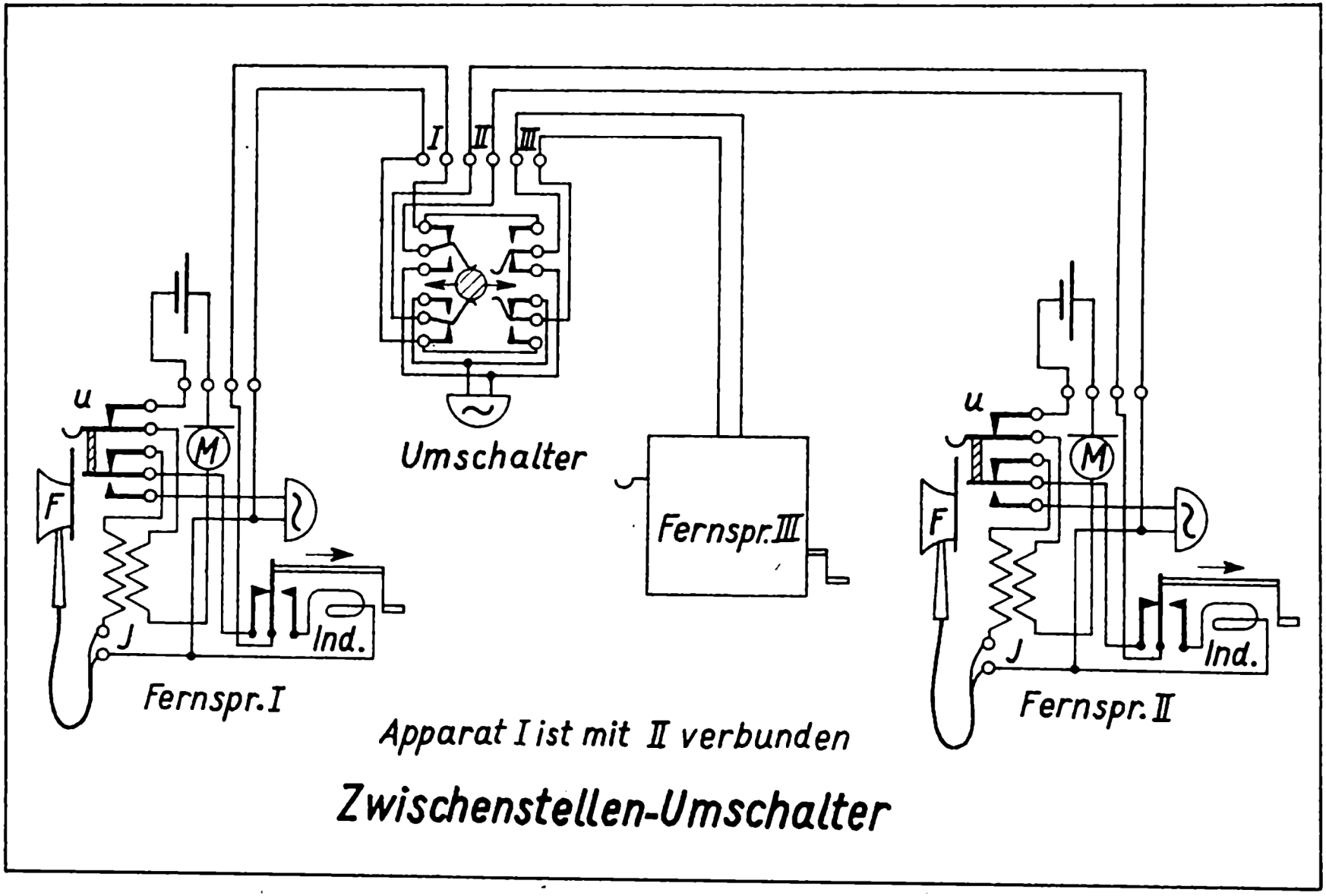


Zimmerfernsprechanlage mit Rückstell-und Kontroll-Ruftafeln

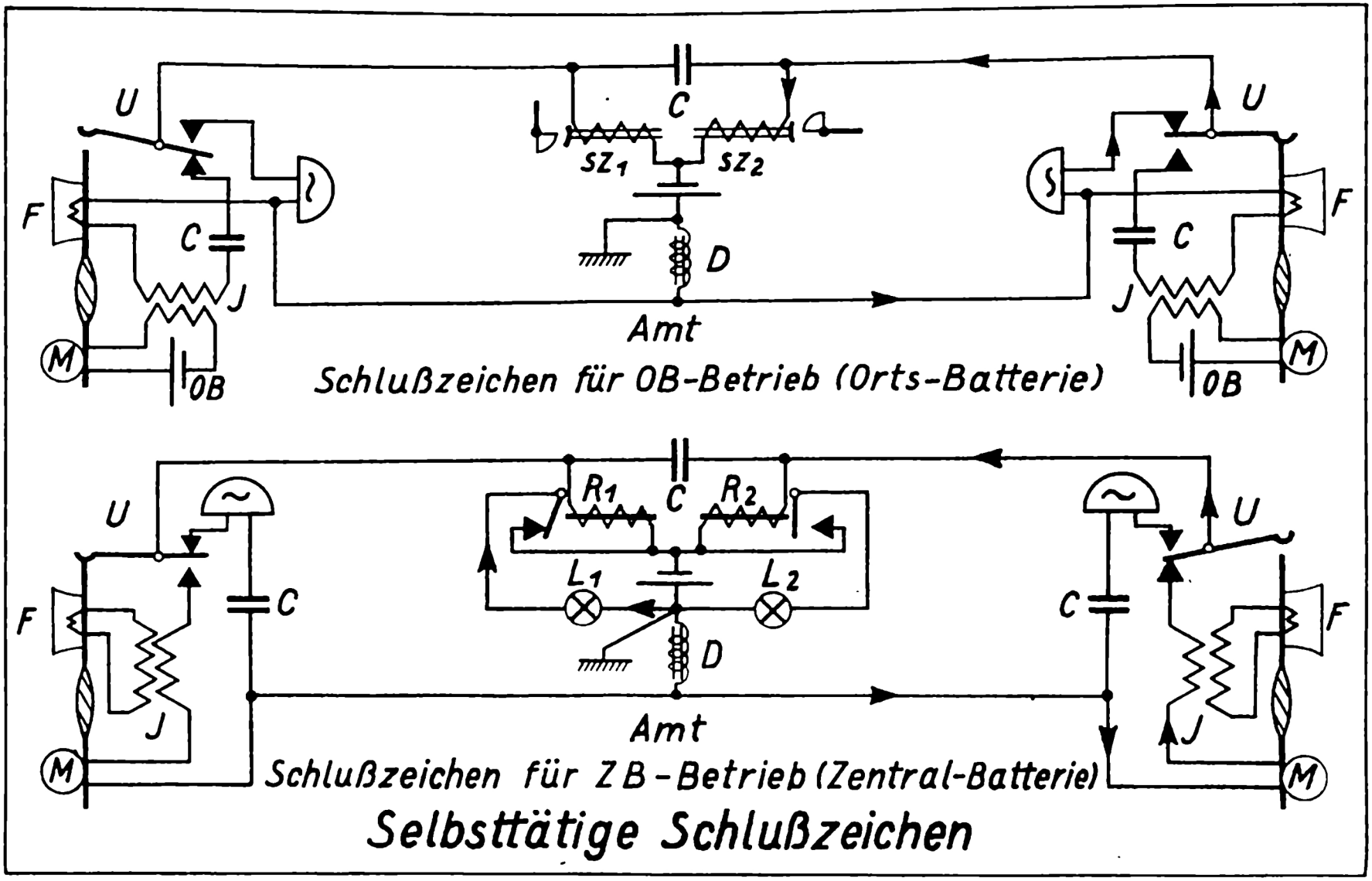


Apparat III ruft II an

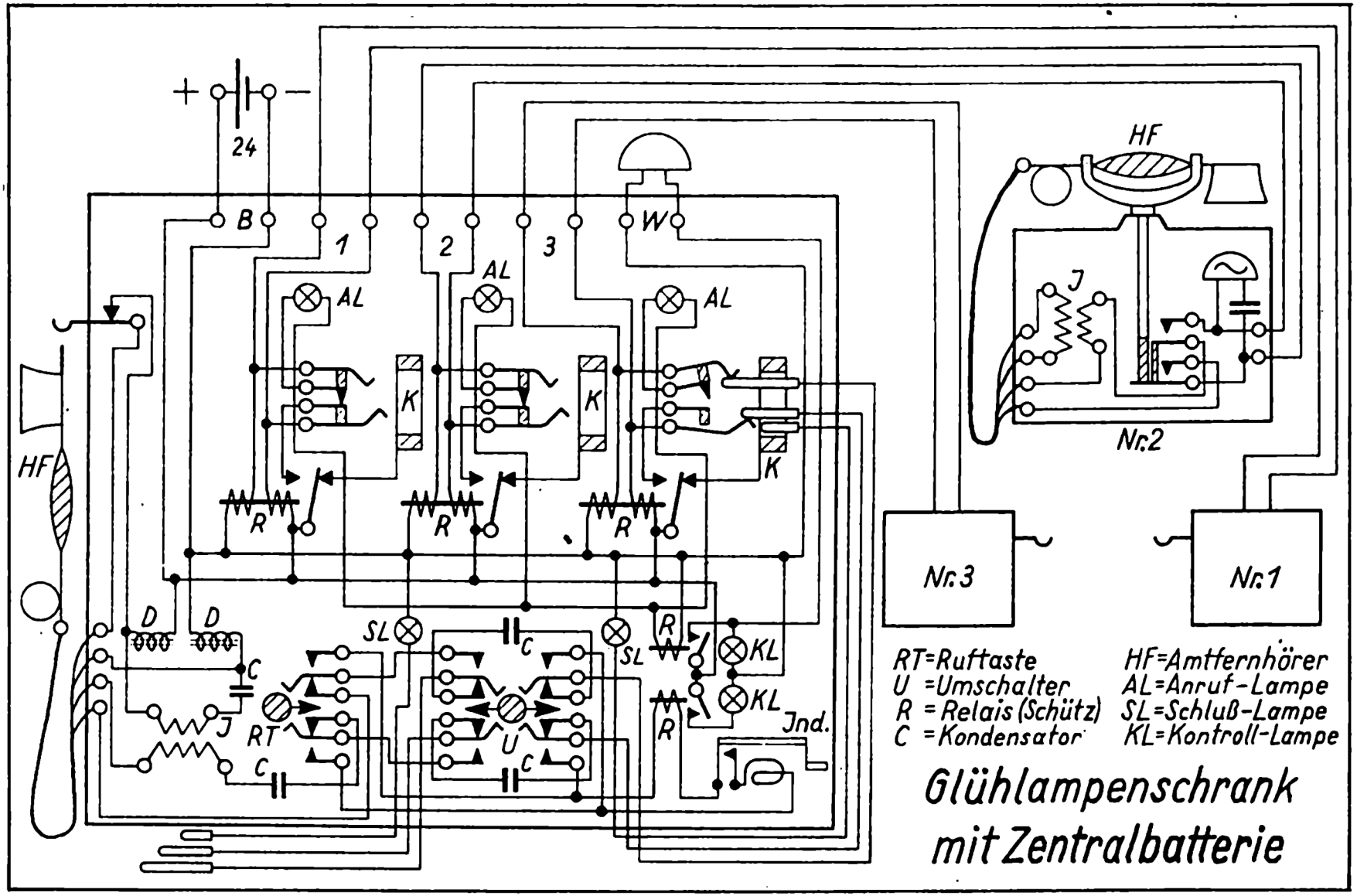
Schaltbild einer Linienwähler-Anlage

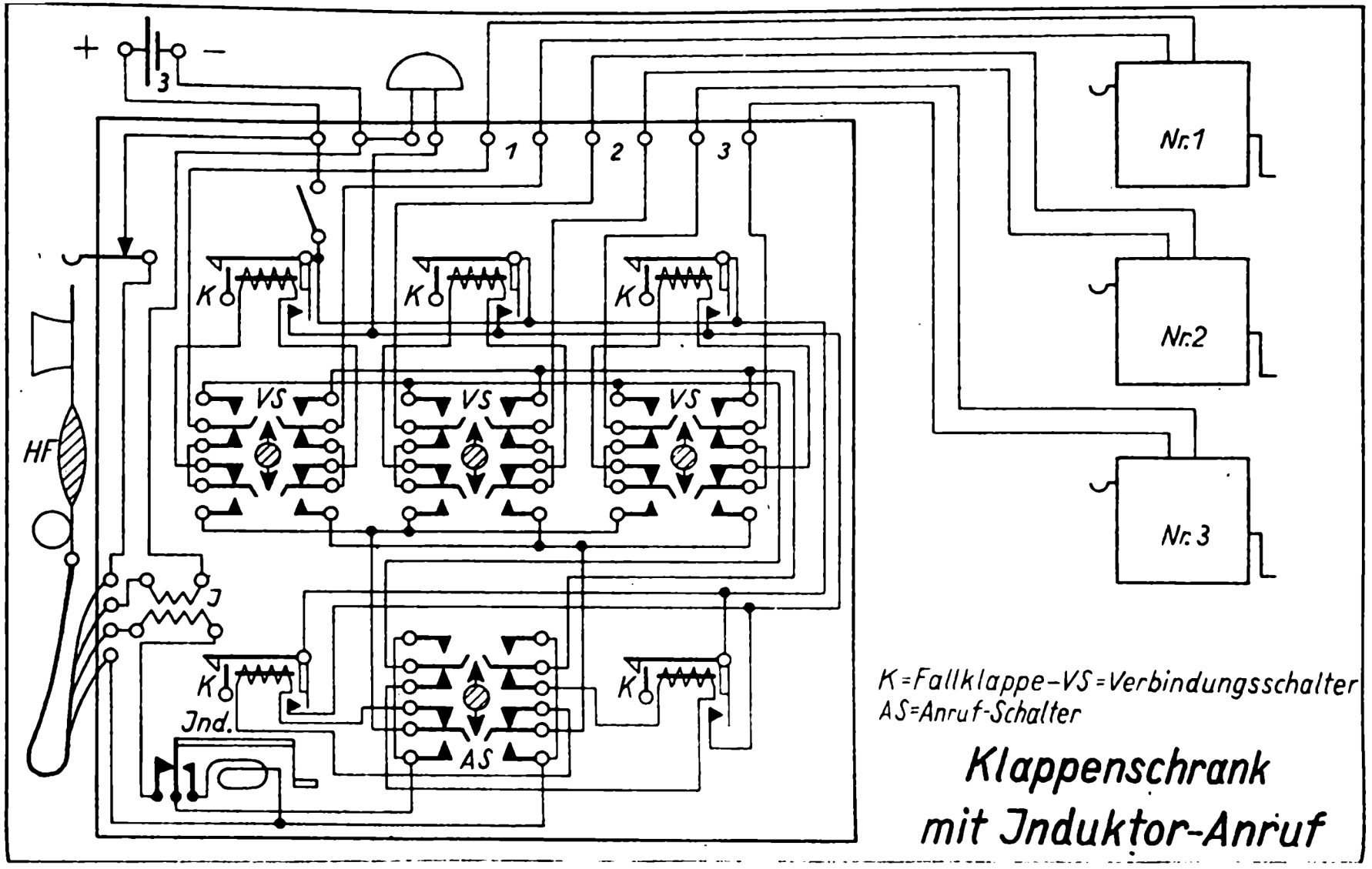


Zwischenstellen-Umschalter



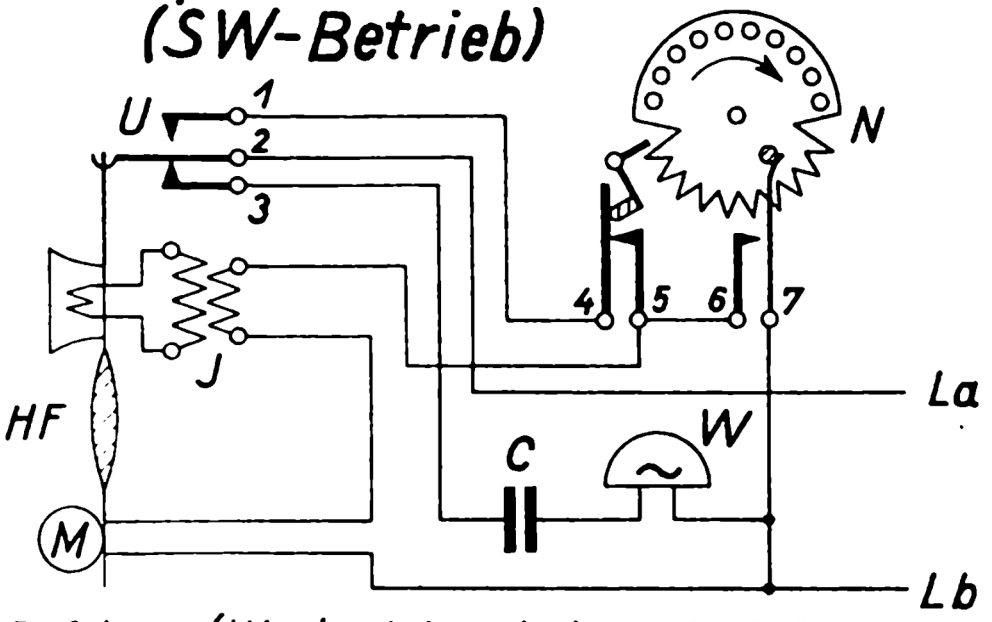
Selbsttätige Schlußzeichen


24
B
1
2
3
W
AL
AL
AL
K
K
K
HF
R
R
R
D
D
C
J
RT
C
SL
C
U
C
SL
R
KL
KL
R
Ind.
HF
J
Nr.2
Nr.3
Nr.1
RT=Ruftaste
U =Umschalter
R =Relais (Schütz)
C =Kondensator
HF=Amtfernhörer
AL=Anruf-Lampe
SL=Schluß-Lampe
KL=Kontroll-Lampe
Glühlampenschrank
mit Zentralbatterie

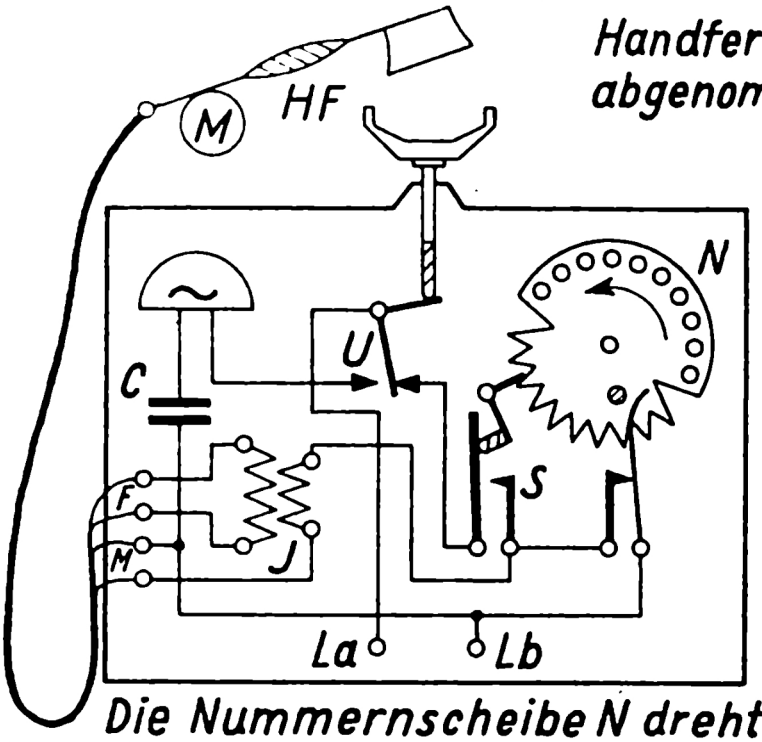


Klappenschrank mit Induktor-Anruf

Fernsprecher für Selbstanschluß (SW-Betrieb)



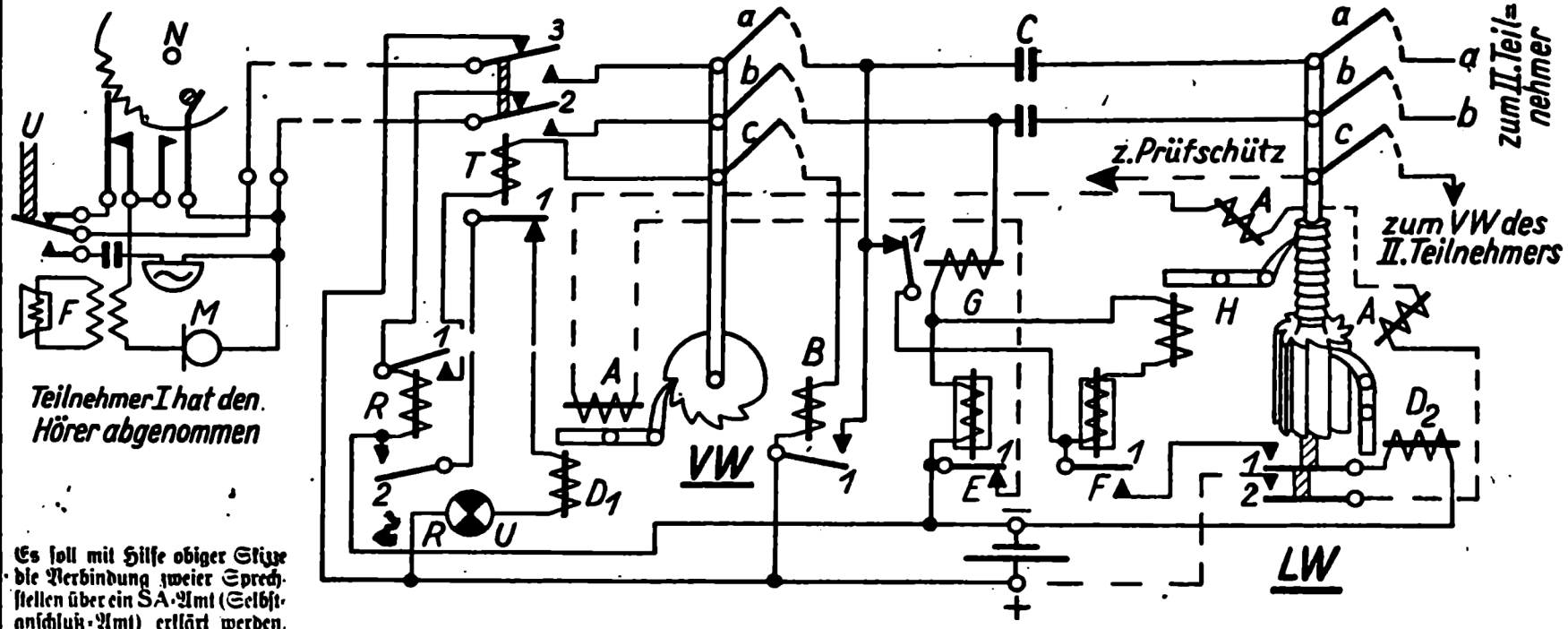
Rufstrom (Wechselstrom) = La-2-3-C-W-Lb
Stromstöße zum Wählen = La-2-1-4-5-6-7-Lb
Sprechstrom = La-2-1-4-5-J-M-Lb



Handfernhörer abgenommen

Die Nummernscheibe N dreht sich zurück, wodurch bei S Stromstöße erzeugt werden, die den Wähler betätigen

Selbstwähler-Amt

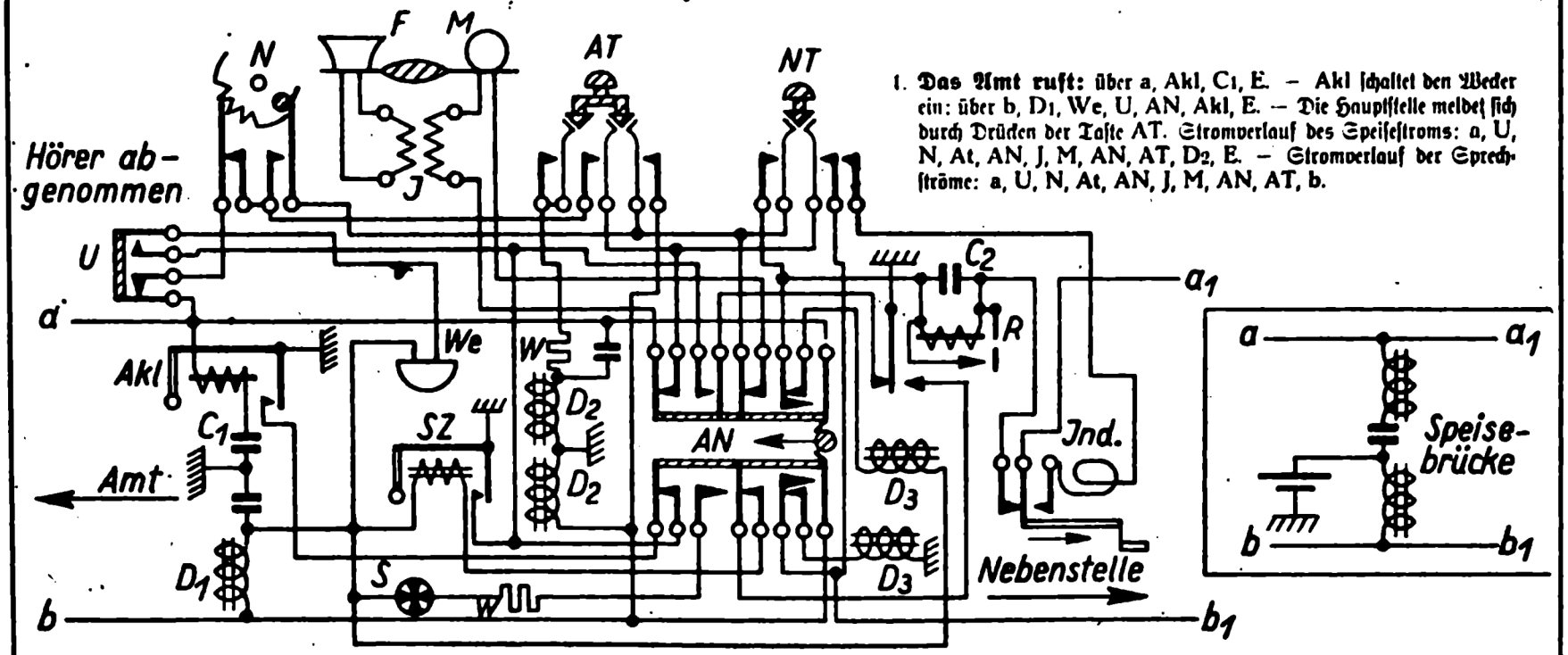


Es soll mit Hilfe obiger Skizze die Verbindung zweier Sprechstellen über ein SA-Amt (Selbstanschluß-Amt) erklärt werden.

Um die ziemlich verwickelten Vorgänge nicht unübersichtlich zu machen, wurden die Signal-Schütze (für Summer, Besetztzeichen, Stromzuführung nach Teilnehmer II, Weckrufstrom u. a.) fortgelassen.

Teilnehmer I nimmt den Hörer ab: der Strom fließt von $-T_3-$ Ltg. a – Teiln. I – Ltg. b – T_2 – R nach –. Schütz R schließt Kontakte 1 u. 2. Kontakt 2 schließt den Stromkreis: + – RU – D_1 – T_1 – R_2 –. Relais-Unterbrecher RU schickt dem Drehmagneten des Vorwählers VW kurze Stromstöße, die VW soweit drehen, bis Arm c einen freien Leitungswähler LW gefunden hat. In dem Augenblick fließt ein Strom – B – Arm c – T – R_1 – R –; dadurch wird T_1 geöffnet und VW bleibt stehen. Gleichzeitig werden T_2 und T_3 umgeschaltet. Ueber B_1 – a – Teiln. I – b – G – E erhält Teiln. I jetzt Strom. G_1 und E_1 sind geöffnet. Wird nun Nummernscheibe N gedreht, so entstehen beim Rücklauf Stromunterbrechungen, die, entsprechend ihrer Anzahl, bei G_1 den Strom für den Hubmagneten II des Leitungswählers LW schließen; II hebt LW. Da E ein Verzögerungsschütz ist, läßt E_1 bei so kurzen Unterbrechungen noch nicht los. Durch Heben des LW sind die Kontakte LW_1 u. LW_2 geschlossen. Wird N nun zum 2. Mal gedreht, so gehen die Stromstöße über + – B_1 – G_1 – F_1 – LW_1 – D_2 –, da inzwischen F_1 losgelassen hat und der Widerstand im D_2-Stromkreis kleiner ist als im H-Strom. D_2 dreht die Arme auf die gesuchte Zahl. Jetzt gehen die Sprechströme über die Kondensatoren C von einer Sprechstelle zur andern. Legt nach Schluß des Gespräches Teilnehmer I den Hörer auf, so wird der Strom unterbrochen, E schließt mit E_1 den Stromkreis für die Auslösemagnete A (gestrichelte Ltg.), und VW und LW gehen in ihre alte Lage zurück; zugleich werden sämtliche Stromkreise dadurch stromlos.

Selbstwähler-Sprechstelle mit Nebenstelle



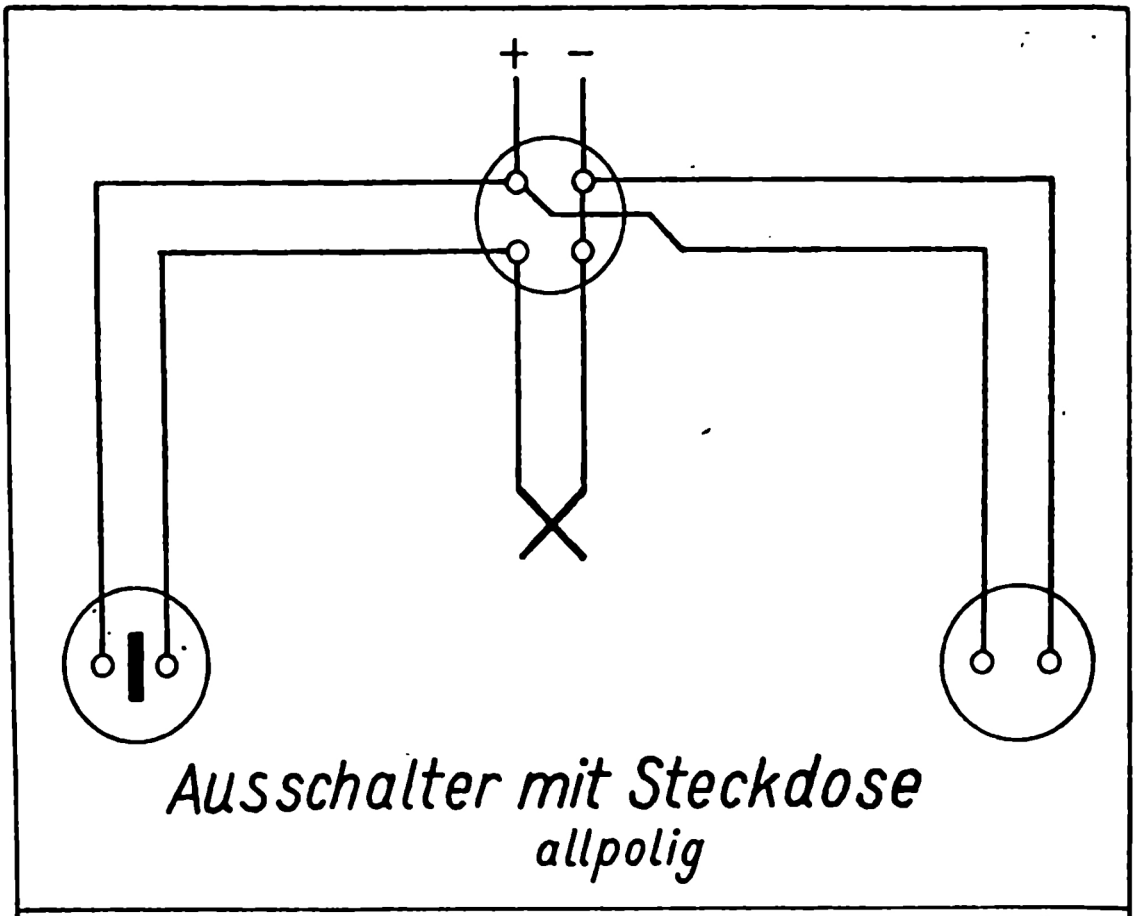
1. **Das Amt ruft:** über a, Akl, C_1, E. — Akl schaltet den Wecker ein: über b, D_1, We, U, AN, Akl, E. — Die Hauptstelle meldet sich durch Drücken der Taste AT. Stromverlauf des Speisestroms: a, U, N, At, AN, J, M, AN, AT, D_2, E. — Stromverlauf der Sprechströme: a, U, N, At, AN, J, M, AN, AT, b.

2. **Die Hauptstelle will über das Amt mit einem Teilnehmer sprechen:** Wie Stromverlauf des Speisestroms unter 1. Ueber AT und N kommen auf dem Amt die Stromstöße zustande, die den Hebe- bzw. Drehmagneten betätigen.

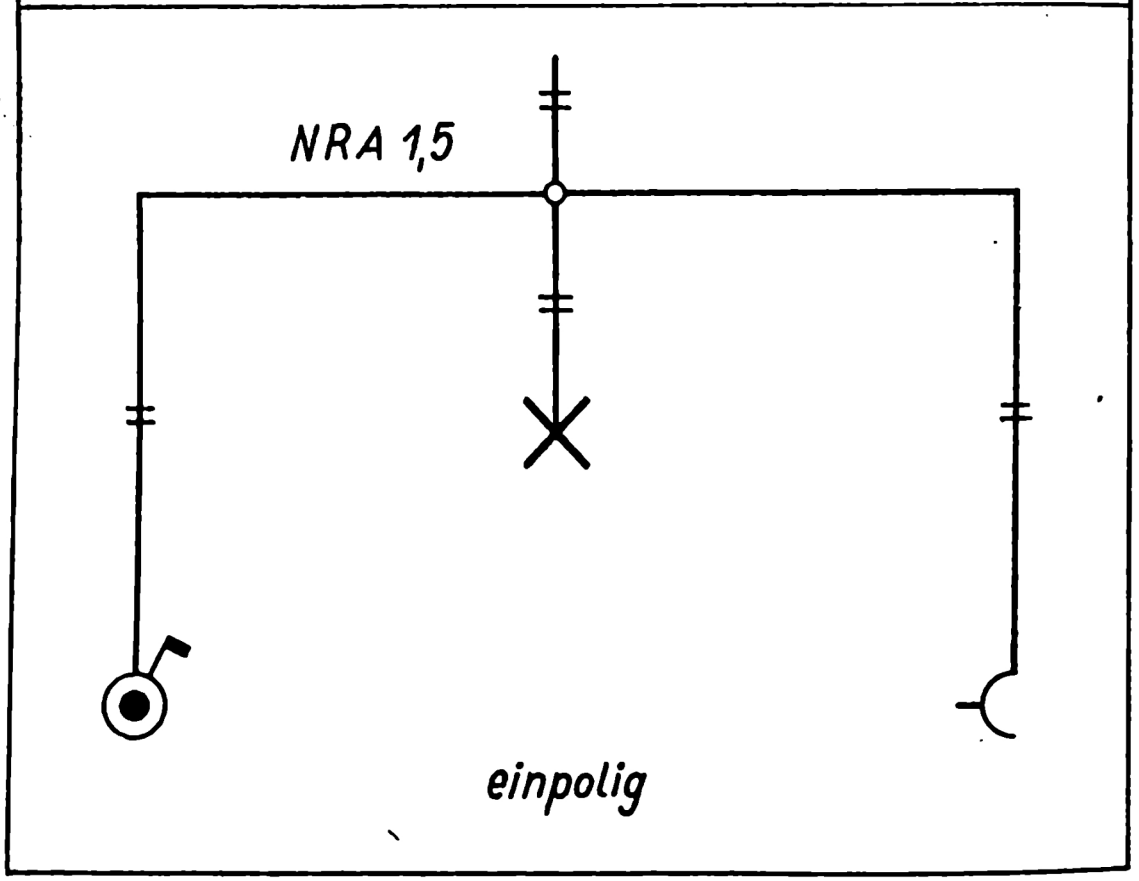
3. **Die Nebenstelle will mit der Hauptstelle sprechen:** Speisestrom — b_1, D_1, D_3, AN, R, Jnd., a_1, Nebenstelle, b_1, AN, D_3, E. — R schaltet den Strom für SZ ein über — b, D_1, SZ. AN, E bei R. — SZ (Anrufzeichen der NSt) schaltet den We ein — b, D_1, We, U, SZ, E.

4. **Die Hauptstelle ruft Nebenstelle an:** NT gedrückt — Jnd. drehen. Rufstrom: Jnd., a_1, Wecker, der NSt, b_1, NT, Jnd.-Speisestrom für NSt wie unter 3.

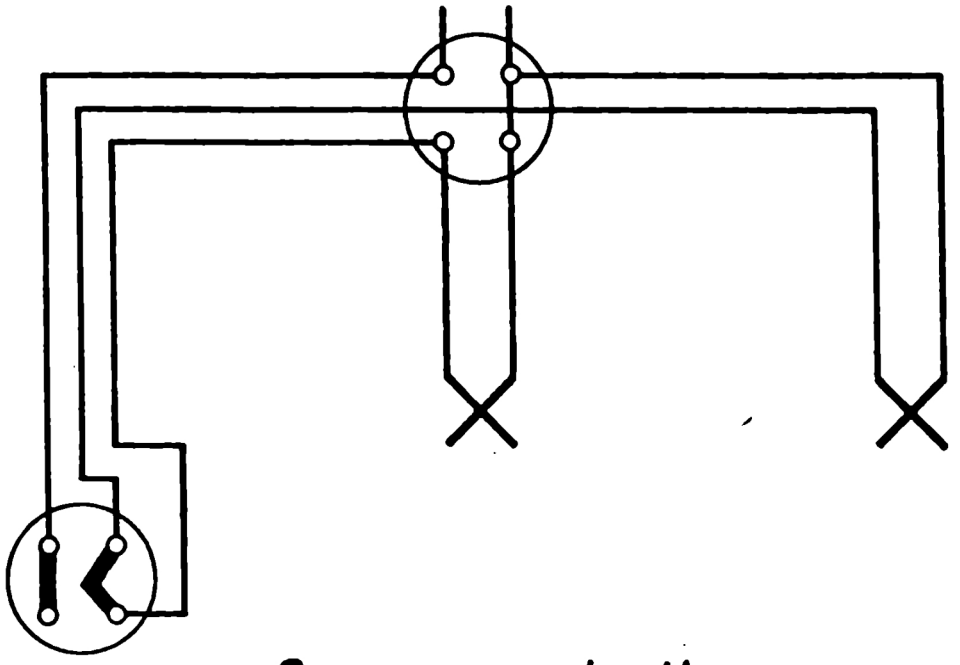
5. **Die Nebenstelle will über das Amt mit einem Teilnehmer sprechen:** Erst Hauptstelle anrufen wie unter 3. Die Hauptstelle legt darauf Schalter AN nach links. Stromverlauf des Speisestroms: a, AN, R, Jnd., a_1, NSt, b_1, AN, D_2, E. — Sprechströme über: a, AN, C_2, Jnd., a_1, NSt, b_1, AN, b. — Während der Verbindung Amt—Nebenstelle ist auf der Hauptstelle das Schauzeichen S eingeschaltet über: b, D_1, S, W, AN, R, E.
Bei allen Leitungen mit NSt ist auf dem Amt zwischen dem a- und b-Draht eine Speisebrücke geschaltet (s. oben).



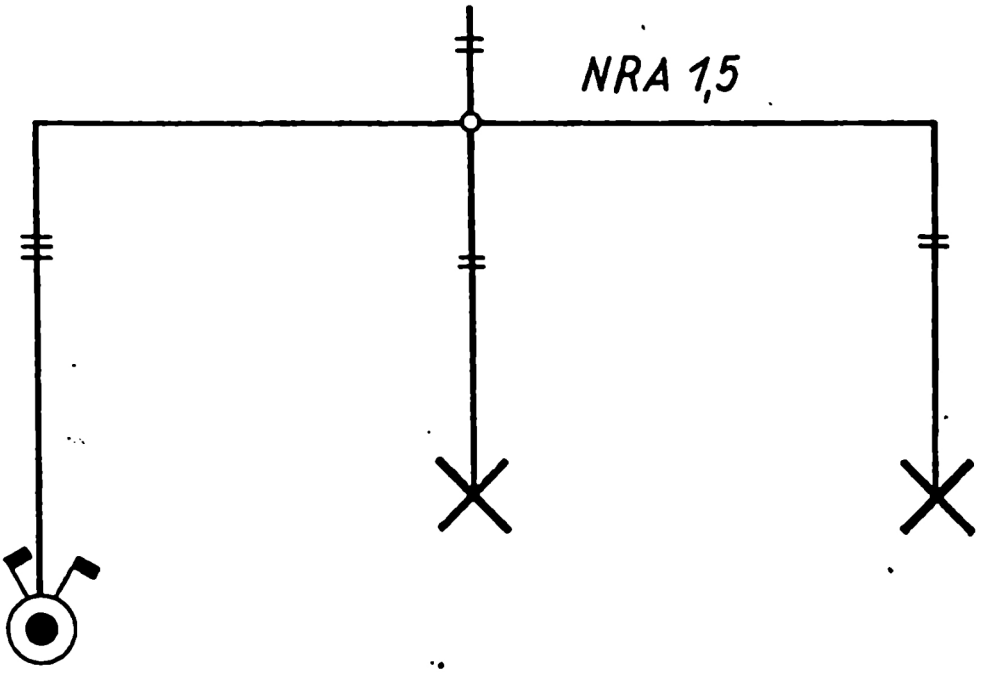
Ausschalter mit Steckdose
allpolig



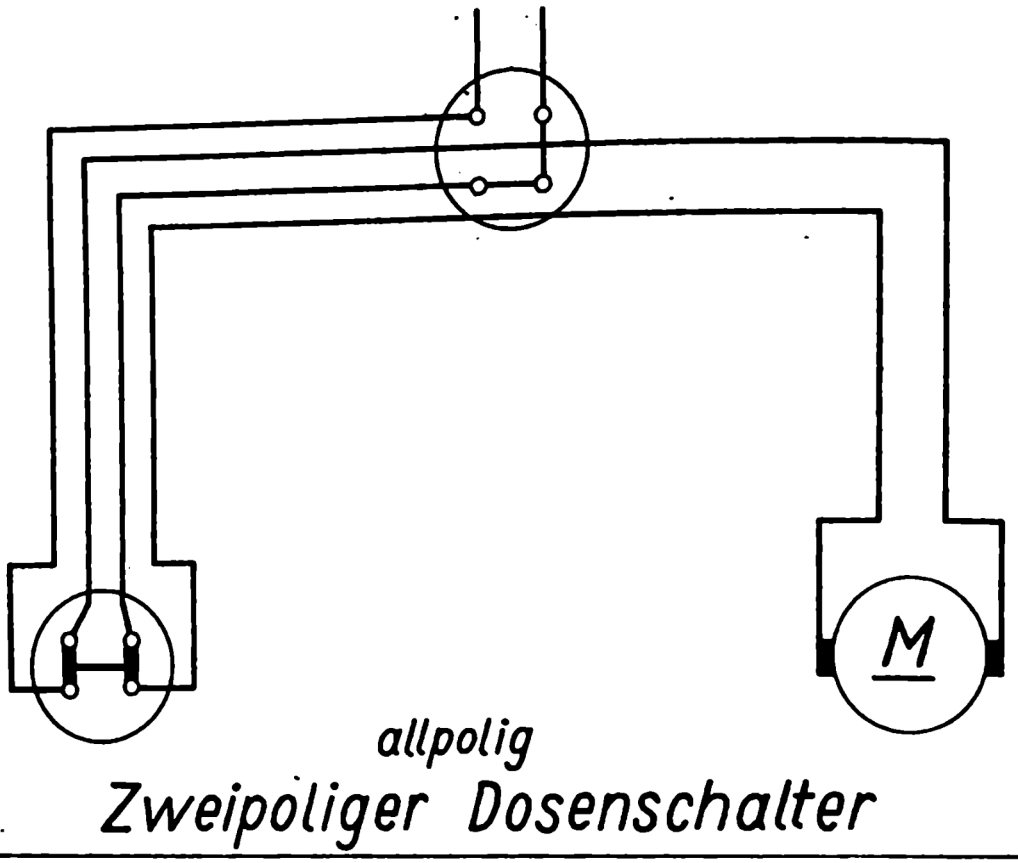
einpolig



Gruppenschalter
allpolig

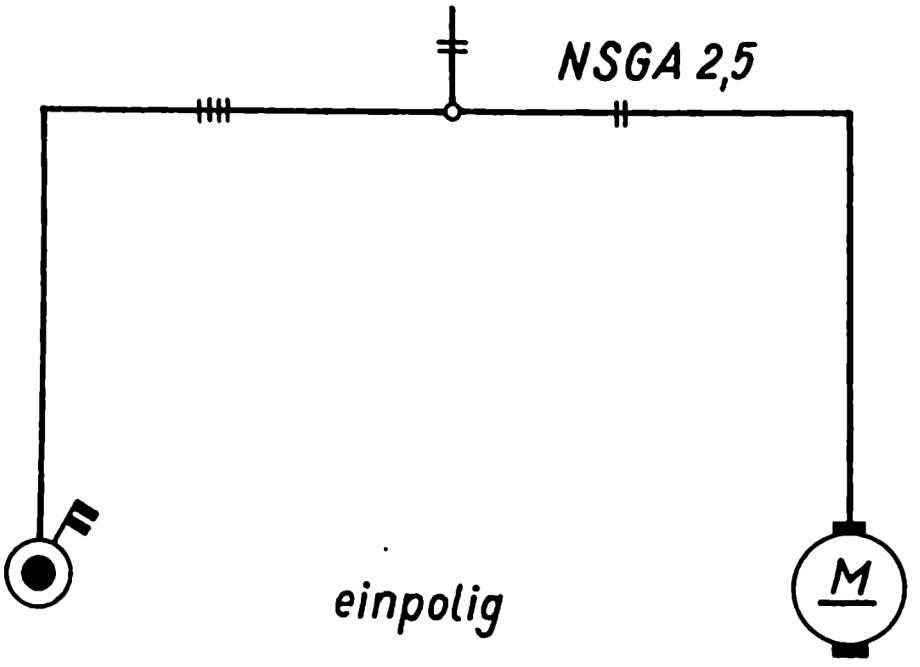


einpolig

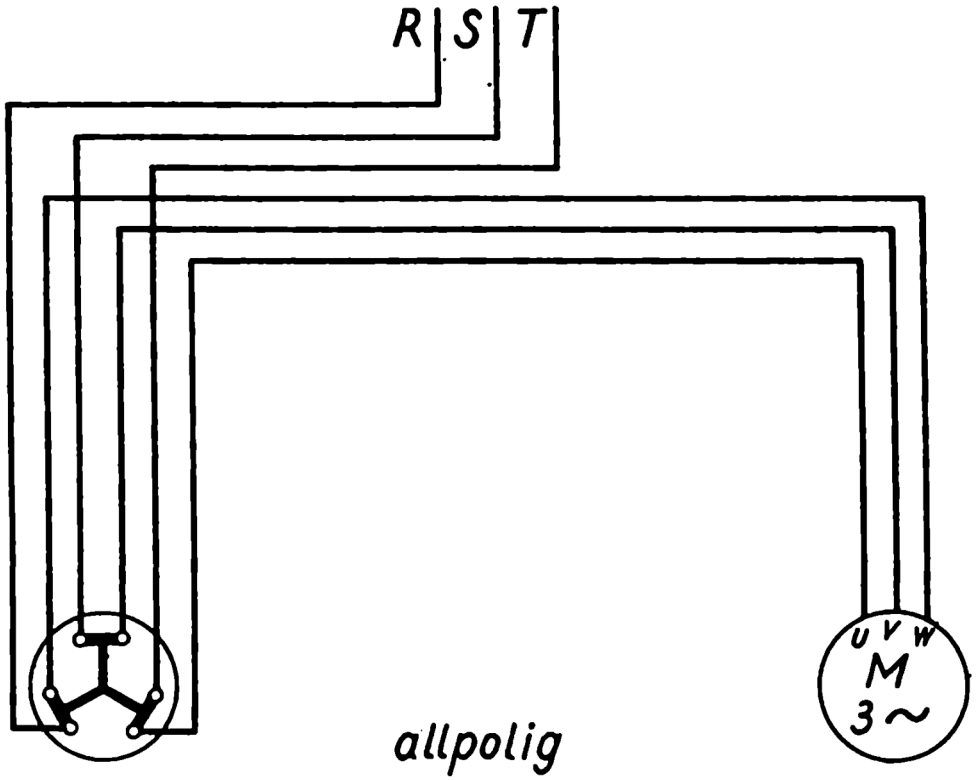


allpolig

Zweipoliger Dosenschalter

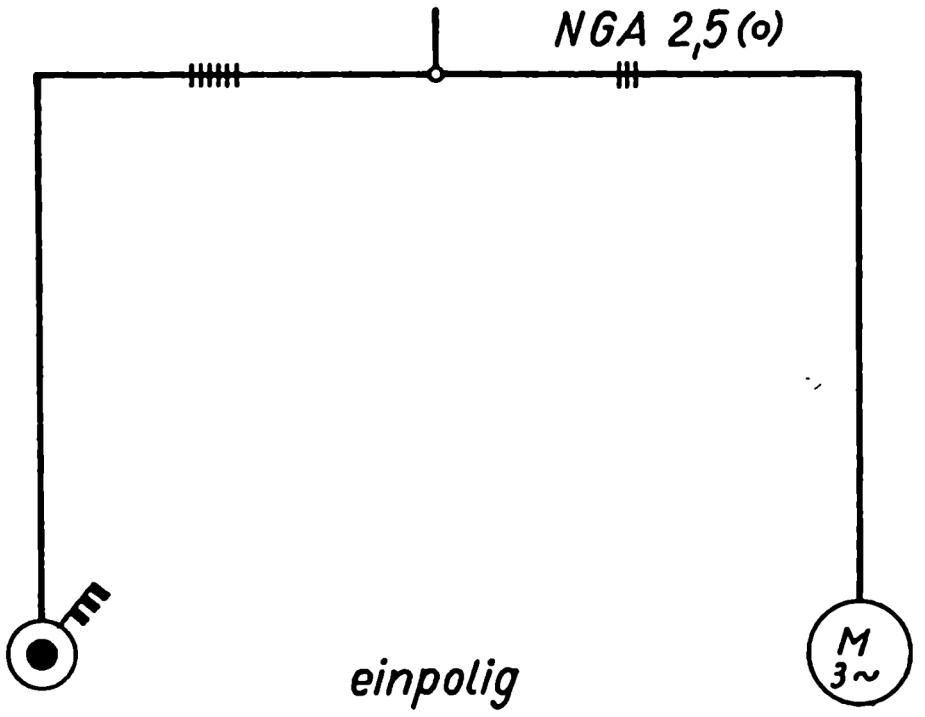


einpolig

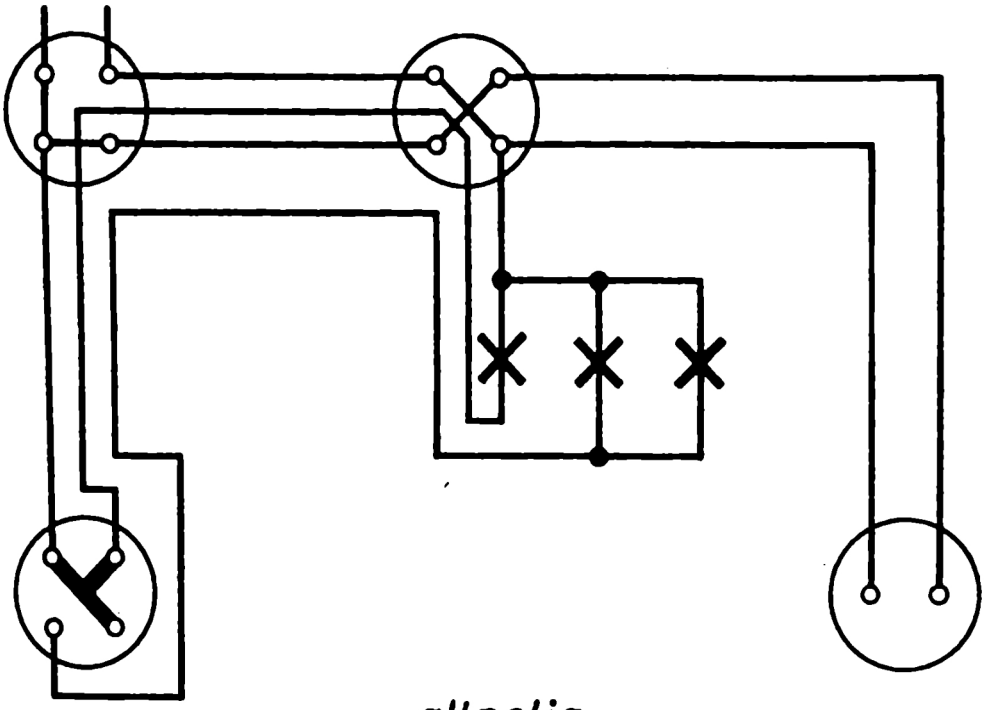


allpolig

Dreipoliger-Dosenschalter

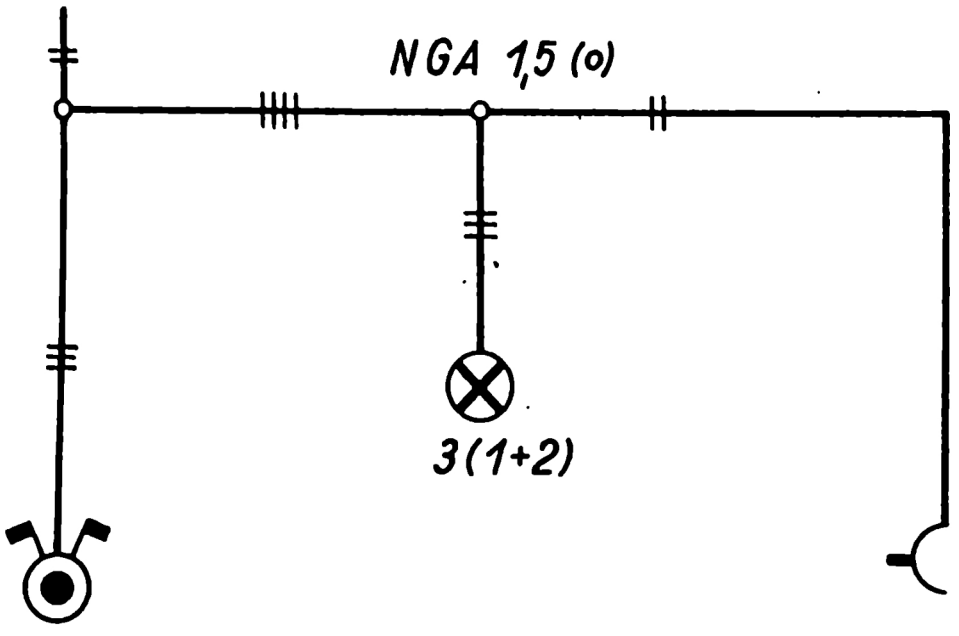


einpolig

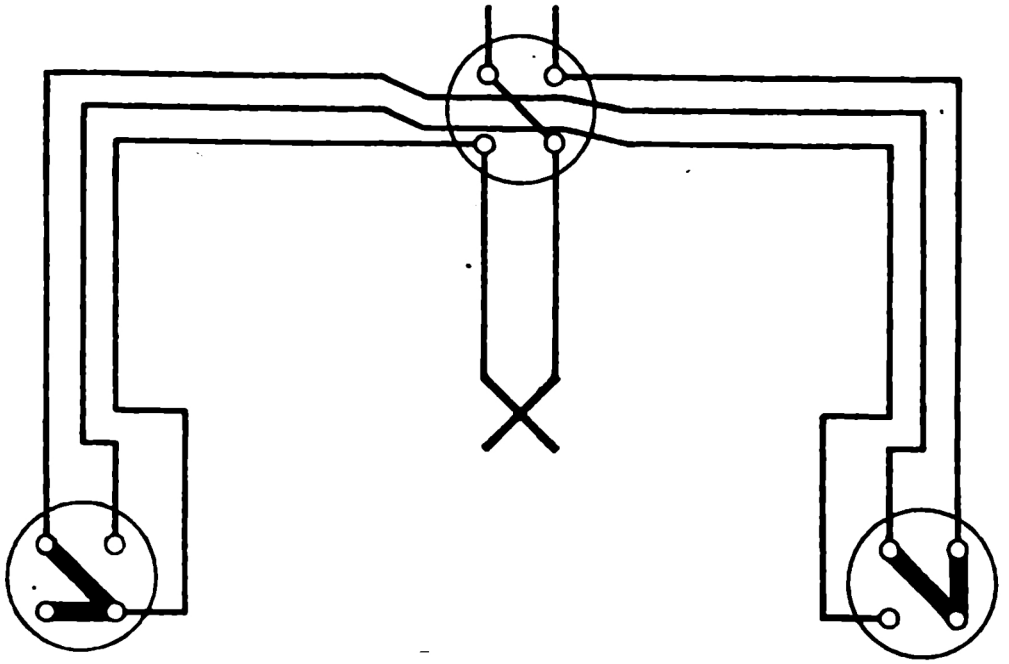


allpolig

Serienschalter mit Steckdose



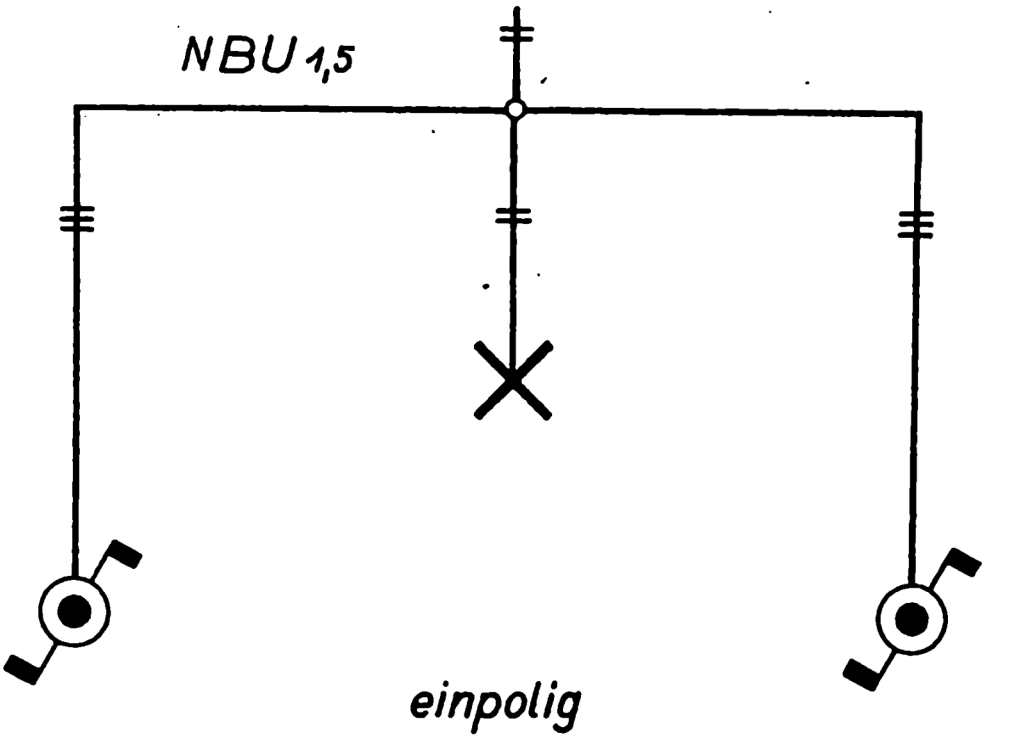
einpolig



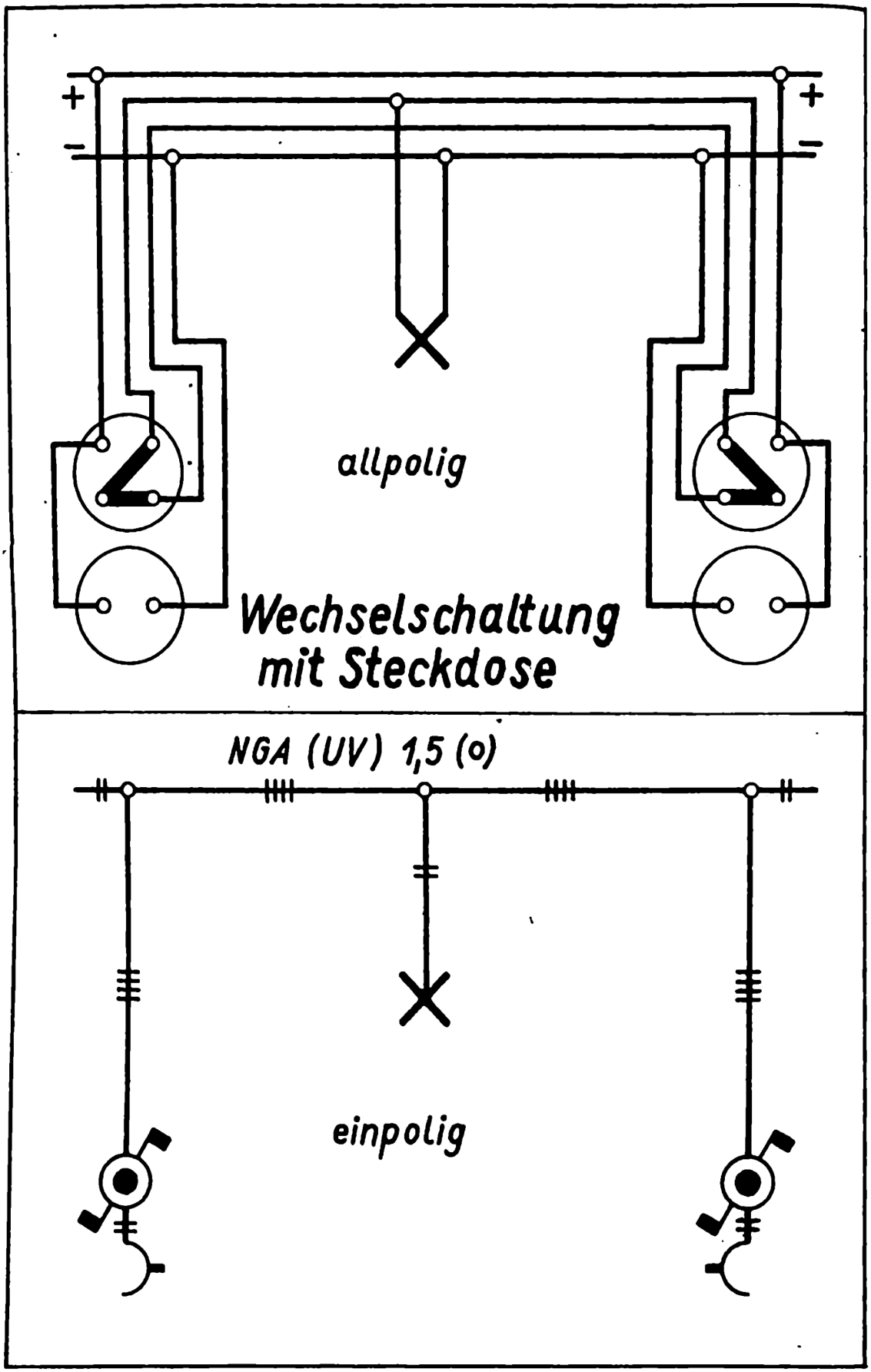
Wechselschalter

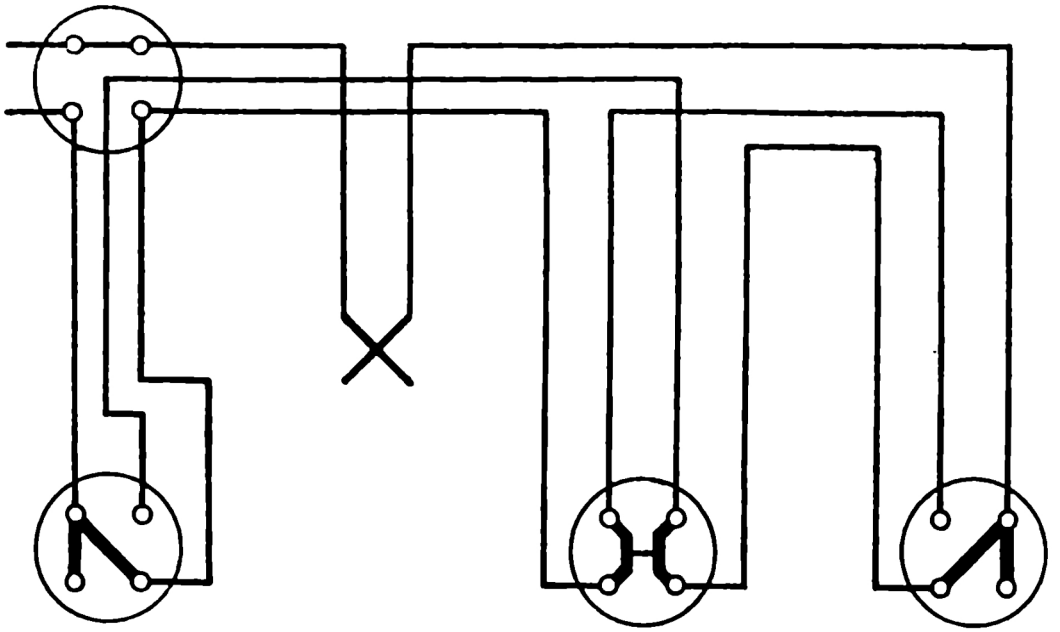
allpolig

NBU 1,5



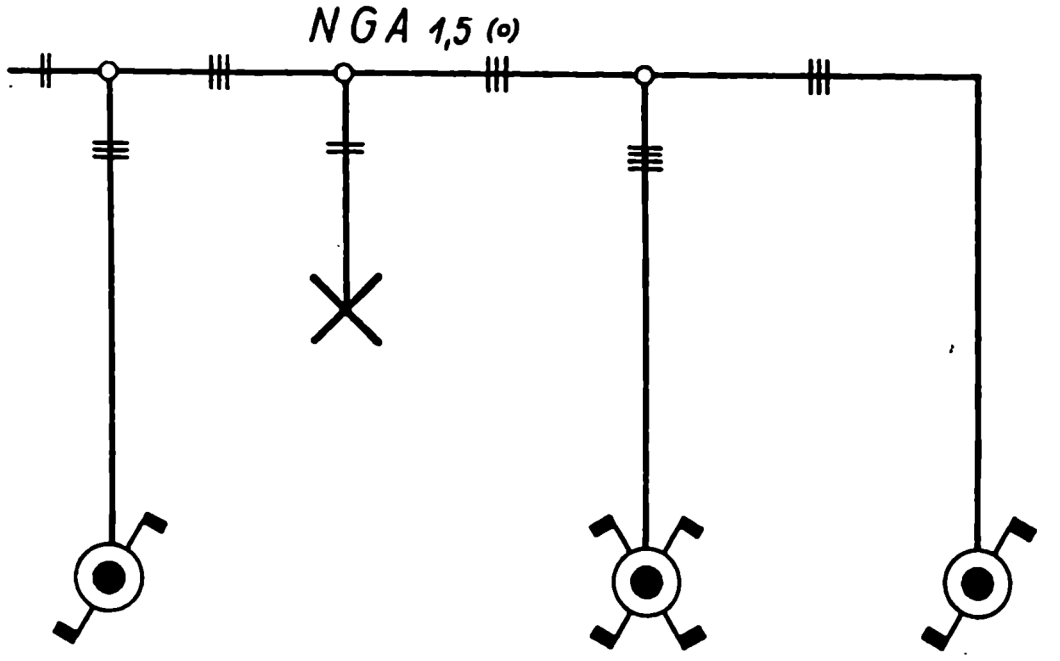
einpolig


+
−
+
−
allpolig
Wechselschaltung
mit Steckdose
NGA (UV) 1,5 (o)
einpolig

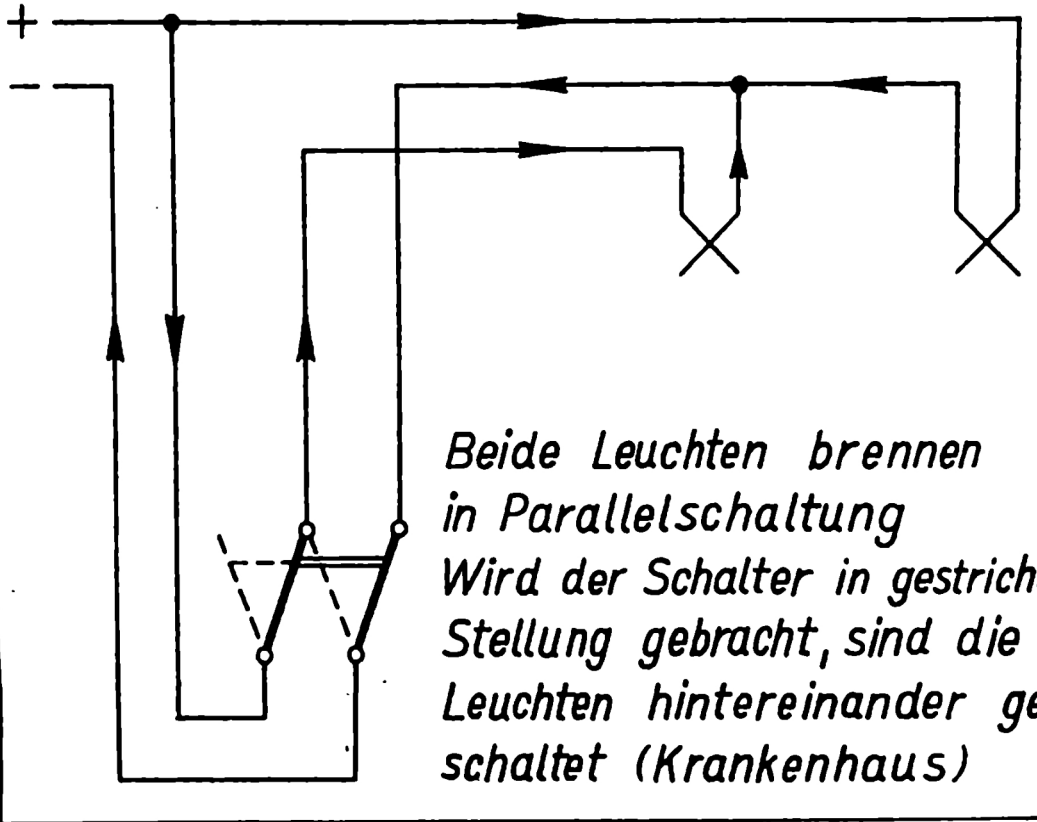


Wechselschalter mit Kreuzschalter

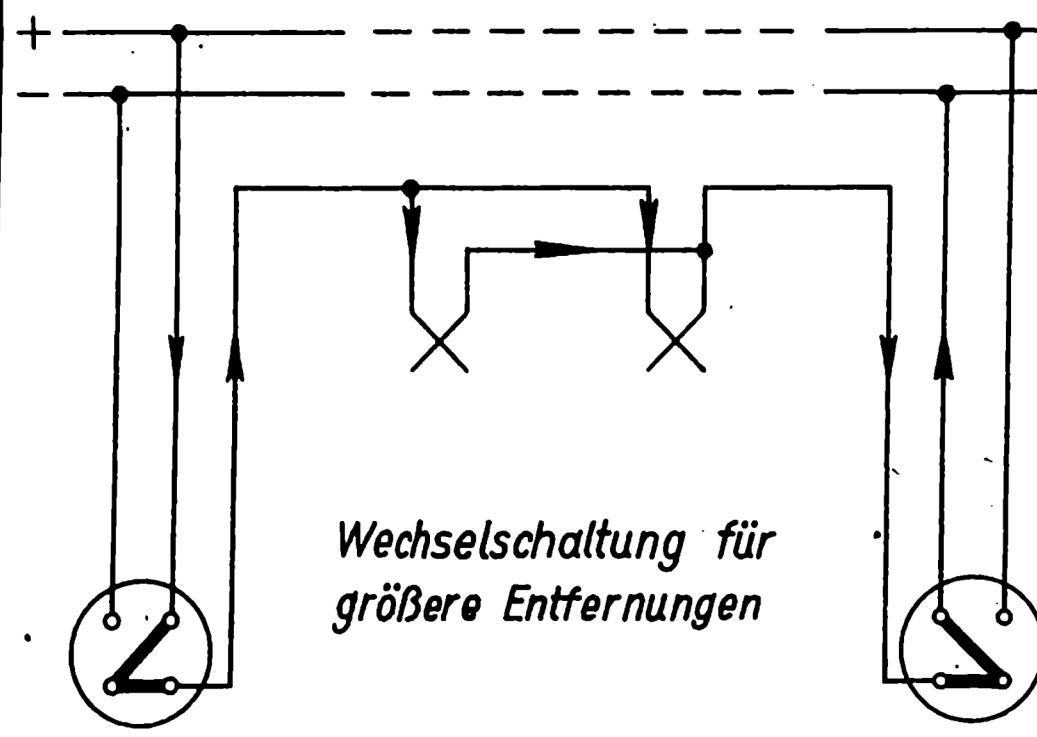
allpolig



einpolig

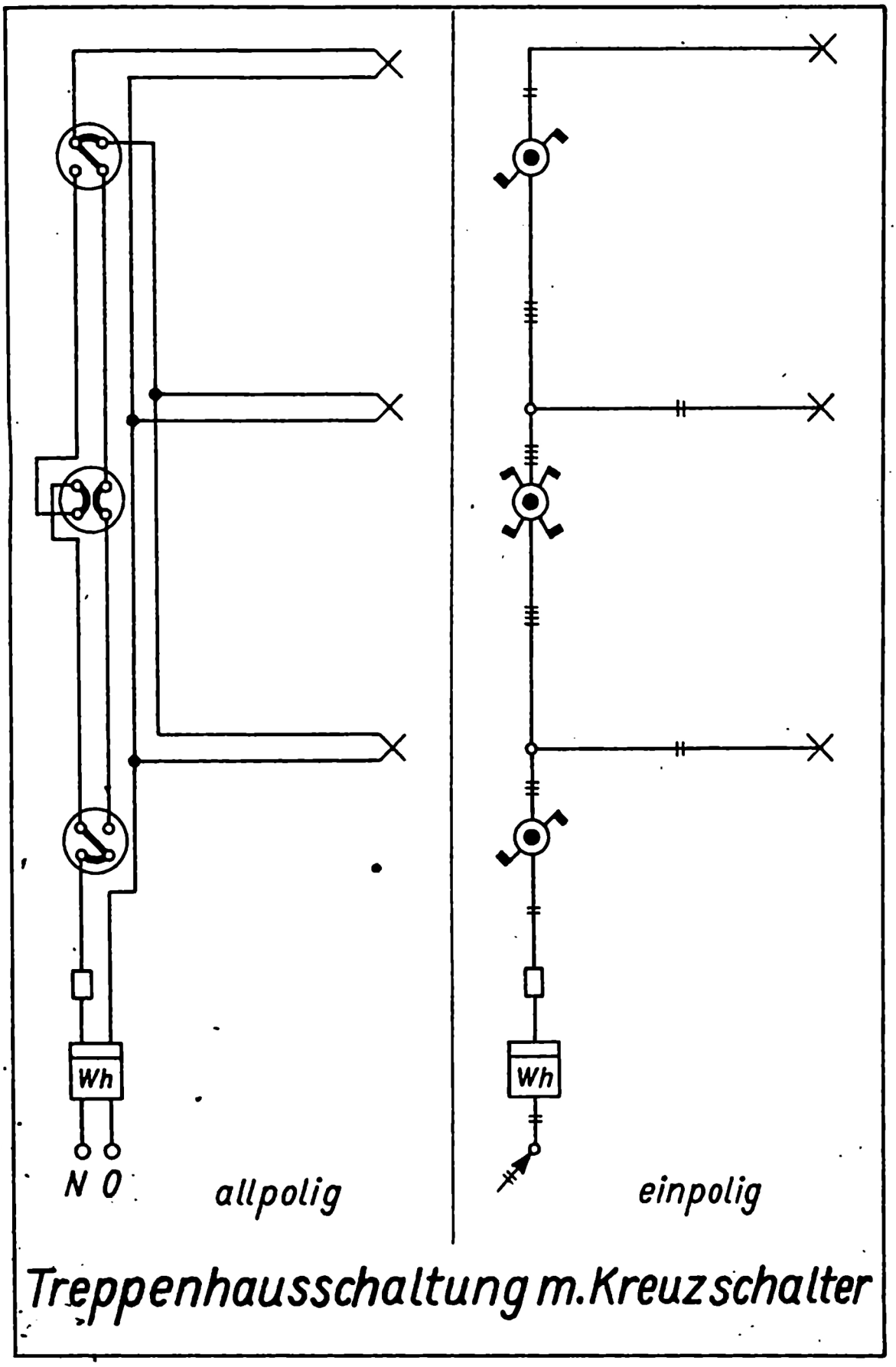


Beide Leuchten brennen in Parallelschaltung Wird der Schalter in gestrichelte Stellung gebracht, sind die Leuchten hintereinander geschaltet (Krankenhaus)

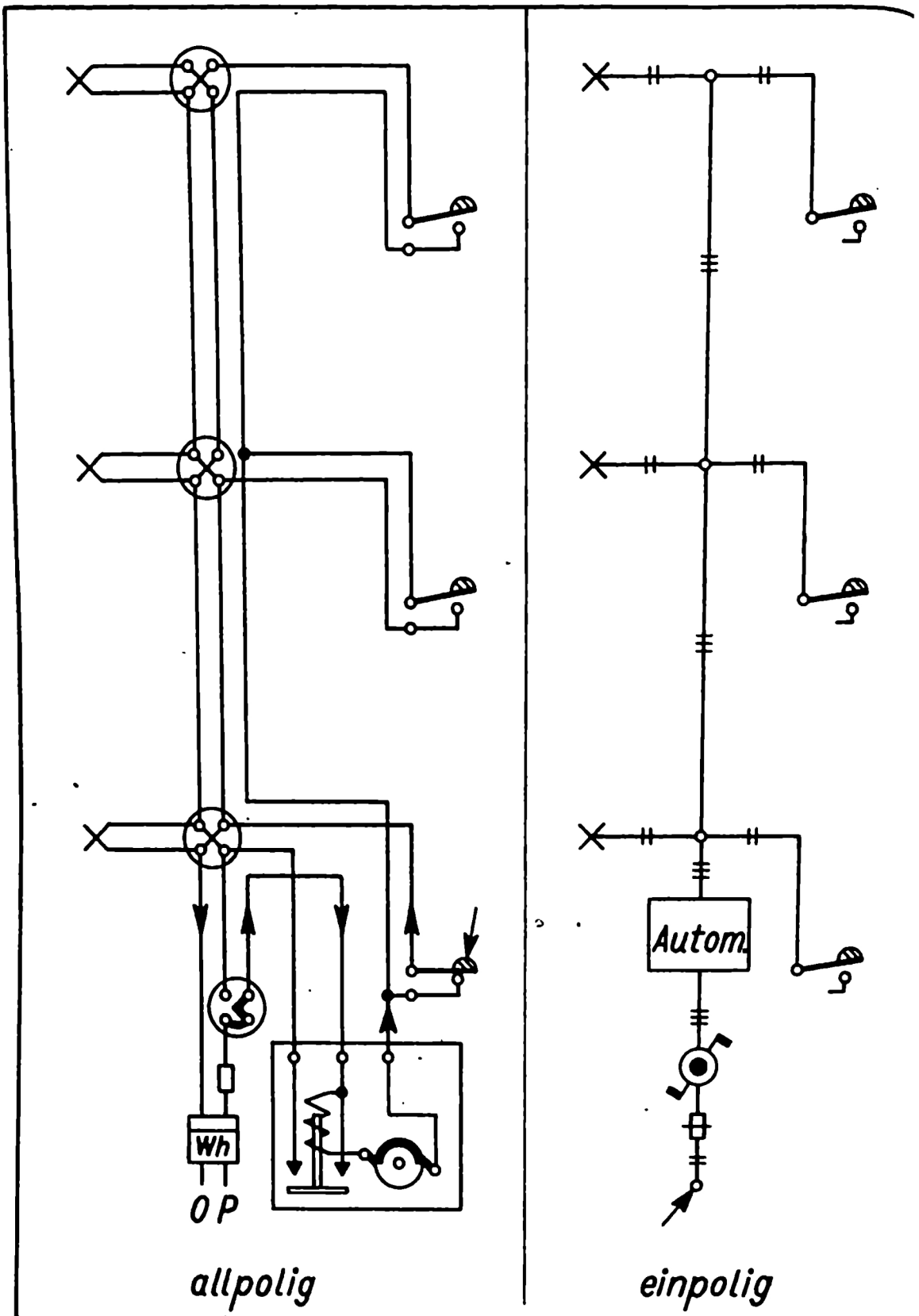


Wechselschaltung für größere Entfernungen

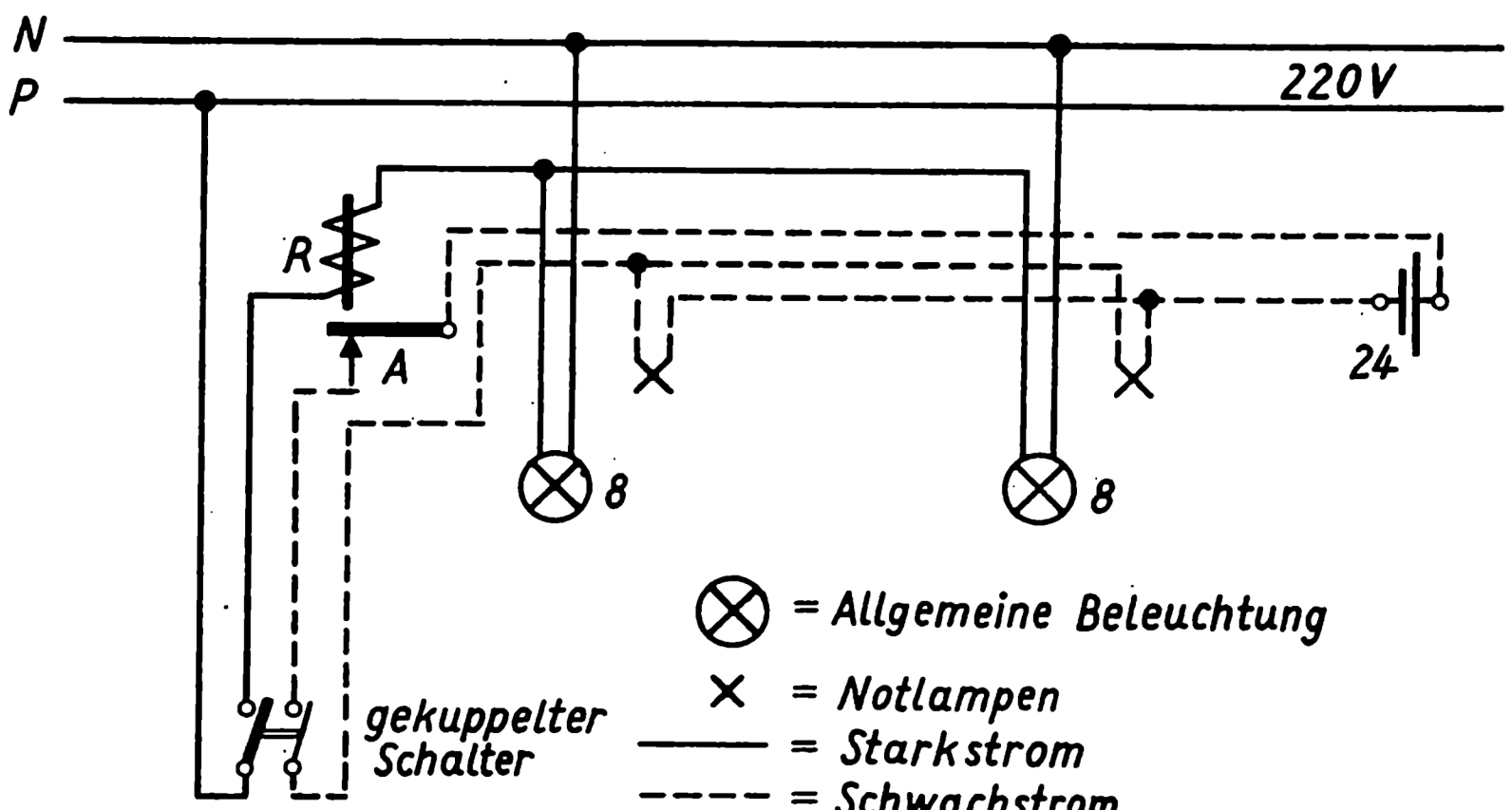
Sparschaltungen



Treppenhausschaltung m. Kreuzschalter

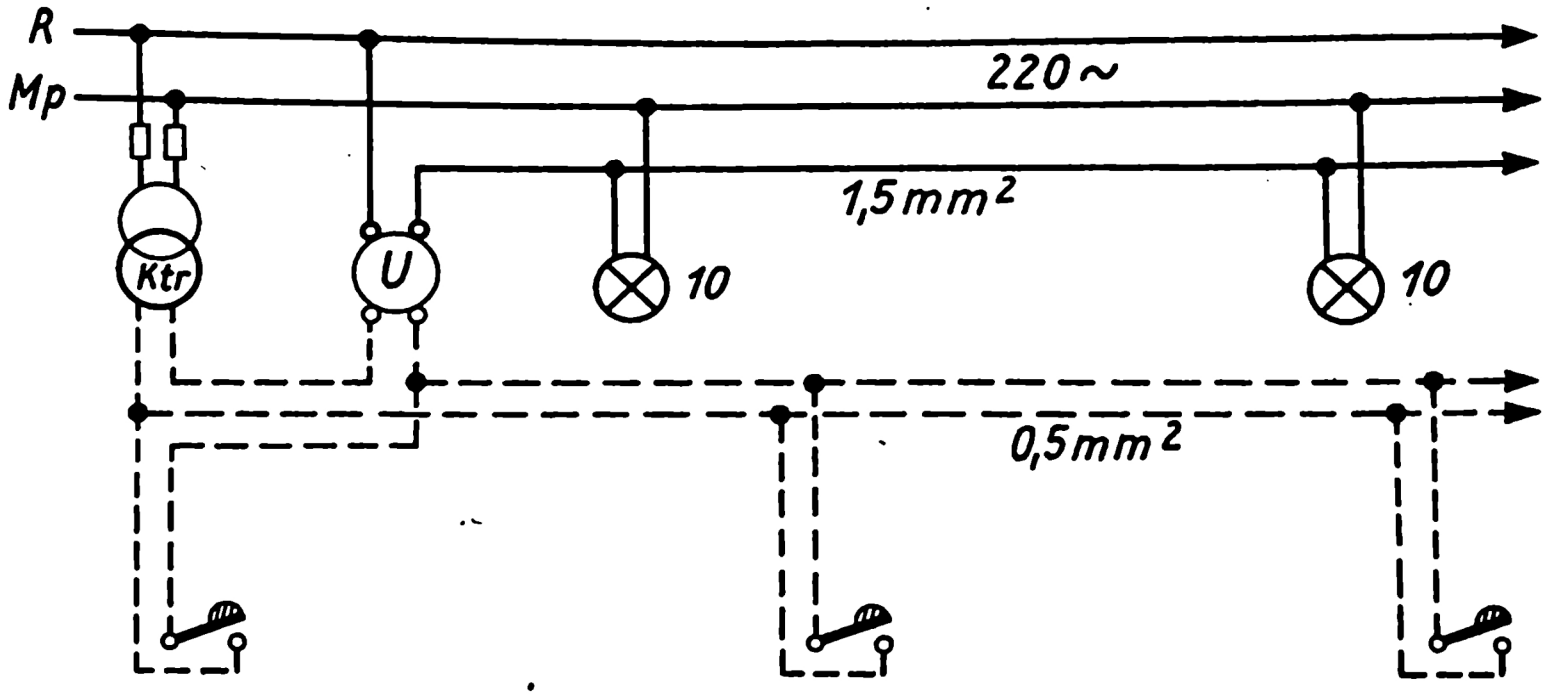


Treppenhausschaltung m. Automat



Versagt der Starkstrom, fällt A herab und schaltet Notlampen ein!

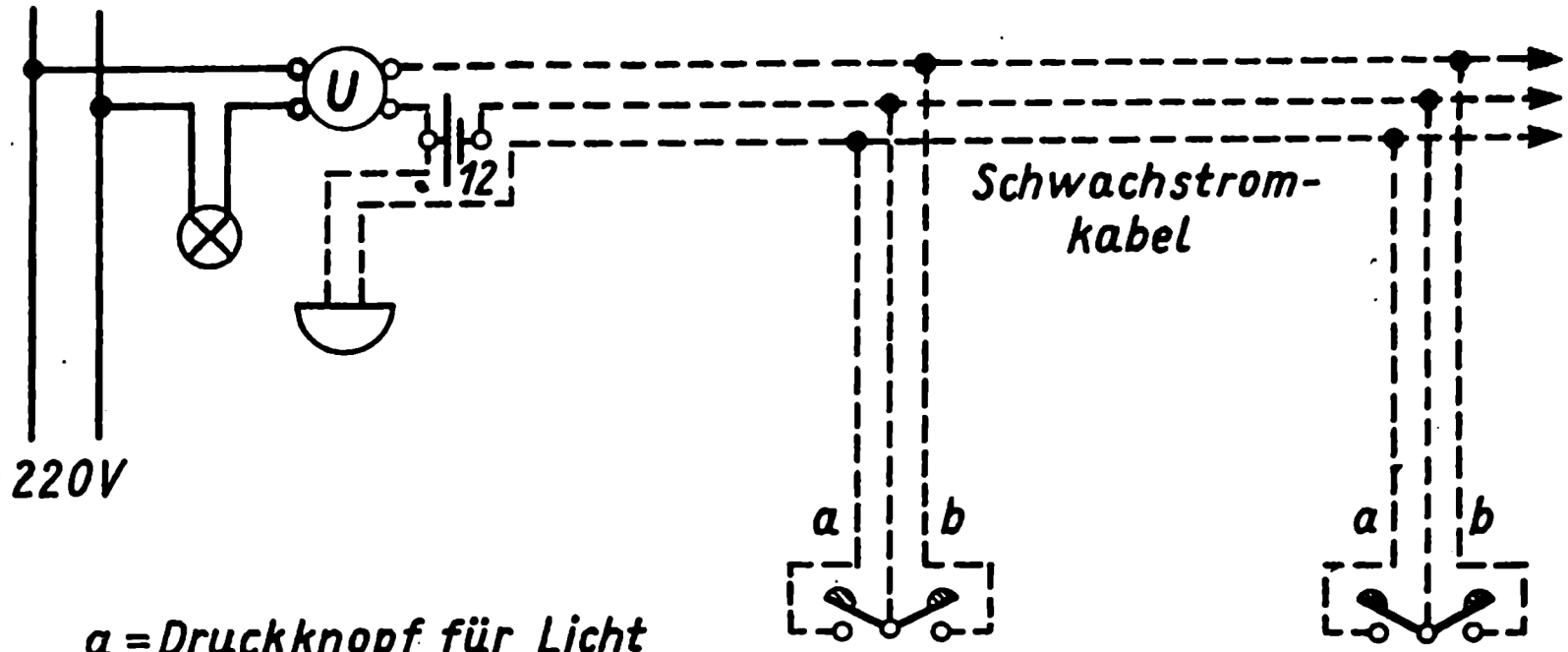
Selbsttätige Notbeleuchtungsanlage



U = Umkehrfernschalter von Schwachstrom gesteuert

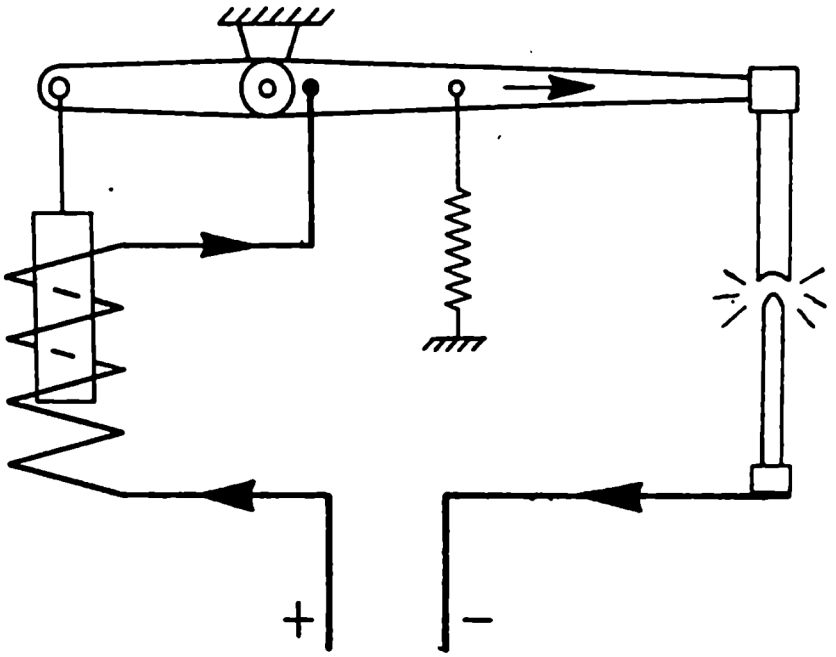
Fernschaltungsinstallation

Vorteilhaft (Kupfererersparnis) bei größeren Anlagen, wo Leuchten bzw. Gruppen von Leuchten von beliebig viel Stellen ein-u. ausgeschaltet werden können.

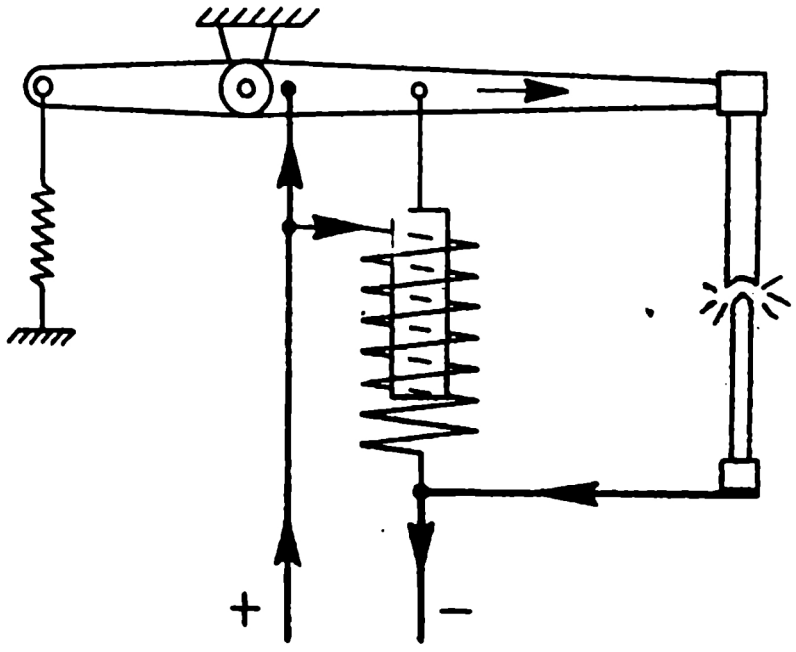


a = Druckknopf für Licht
b = " " Wecker
U = Umkehrfernschalter

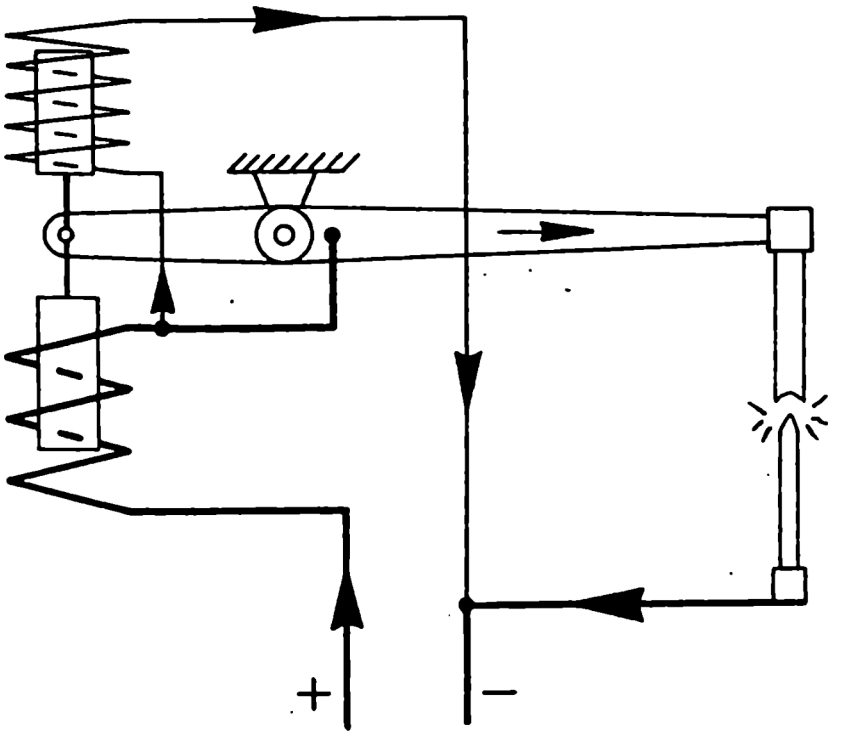
Fernschaltungsinstallation mit Weckeranruf



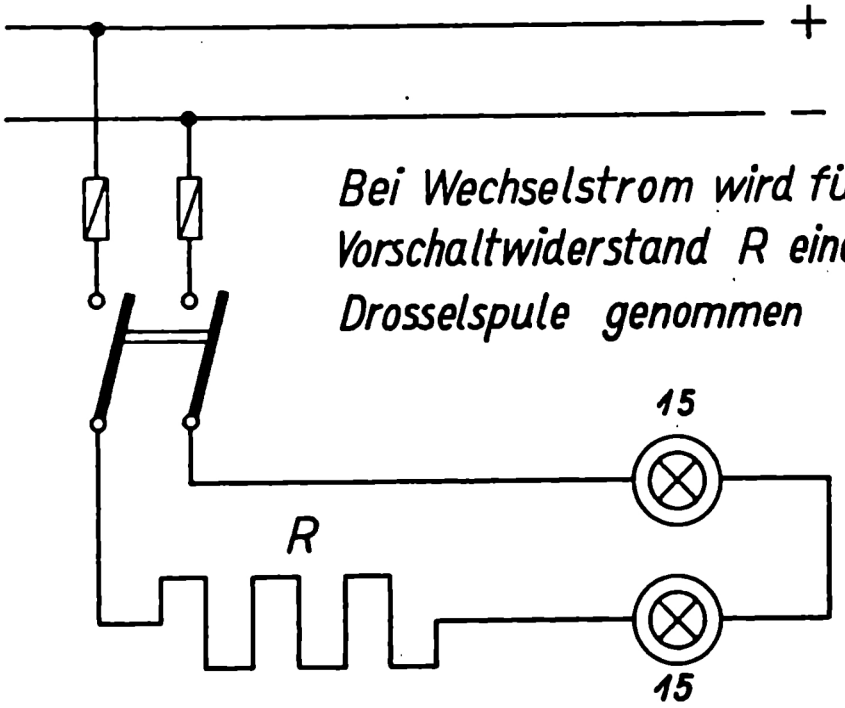
Hauptstrom-Bogenlampe



Nebenschluß-Bogenlampe



Differential - Bogenlampe

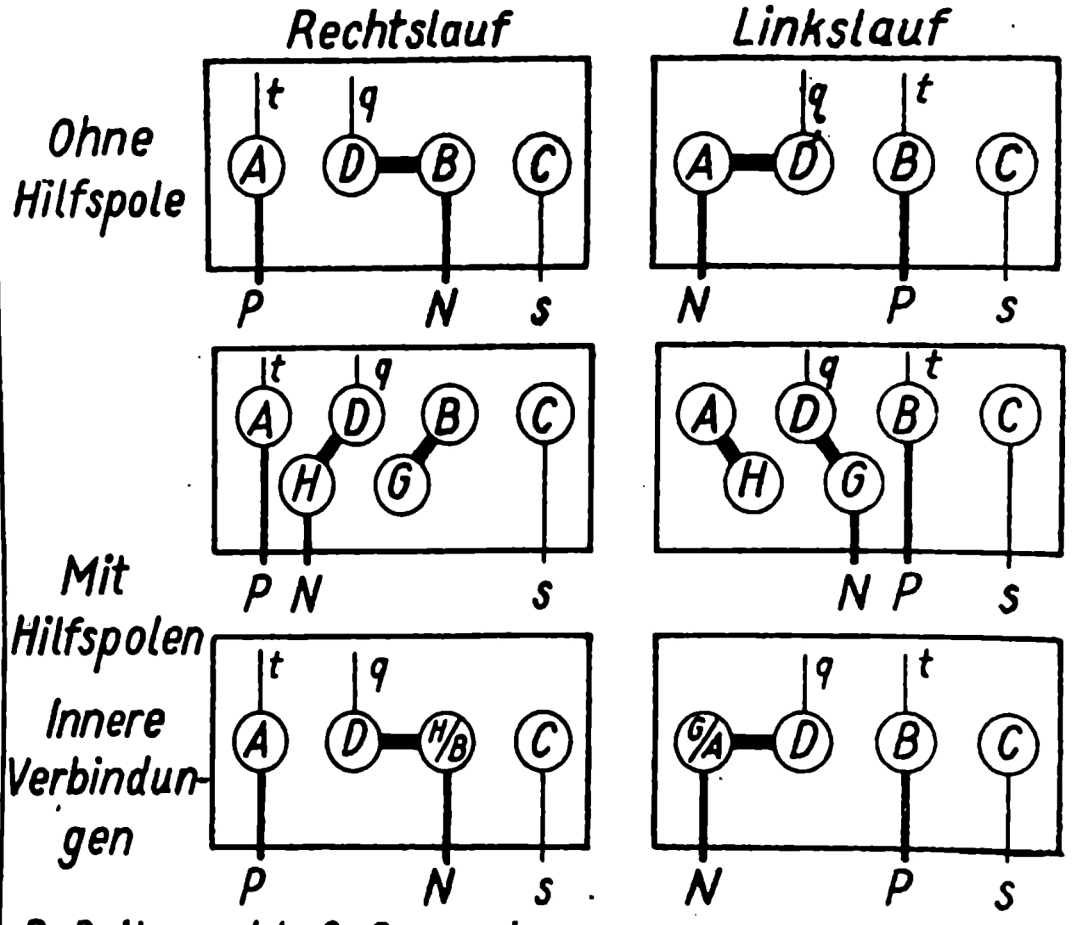


Bei Wechselstrom wird für den Vorschaltwiderstand R eine Drosselspule genommen

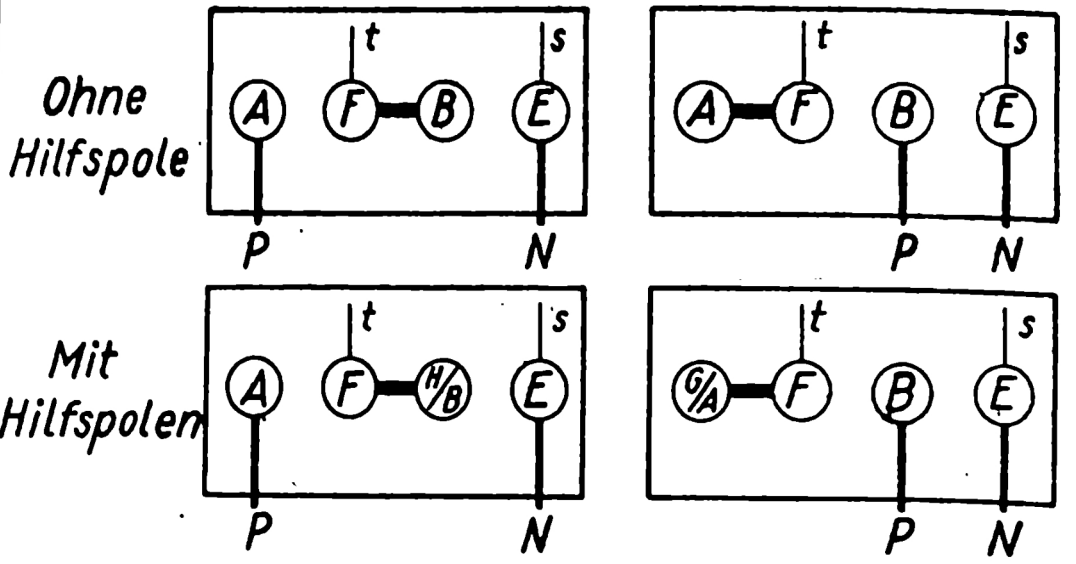
Zwei Bogenlampen in Hintereinanderschaltung

Klemmenbretter der Gleichstrom-Generatoren

A. Nebenschluß-Generatoren



B. Reihenschluß Generatoren

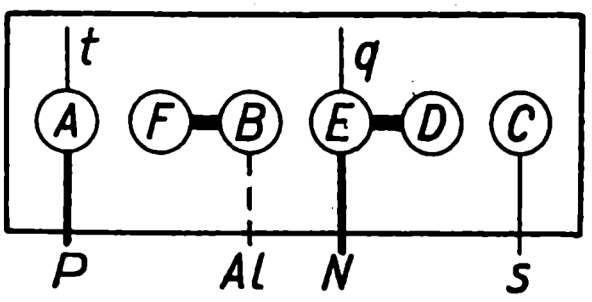


P-Positiv N-Negativ s.t.u.q Klemmen des Reglers

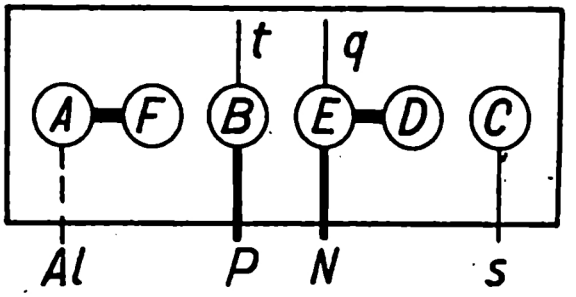
C. Doppelschluß-Generatoren

a. Verbundwicklung nicht abschaltbar

Rechtslauf

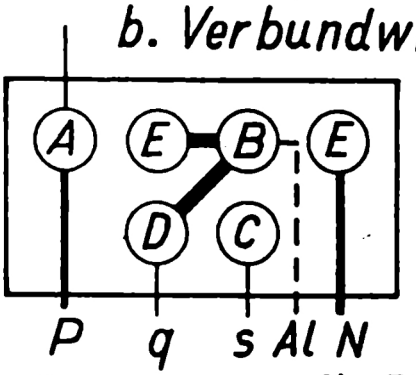


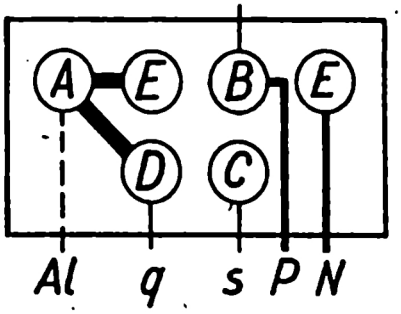
Linkslauf



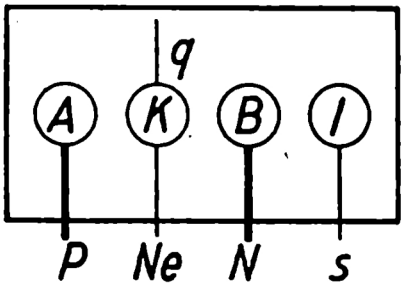
Al=Ausgleichs-leitung

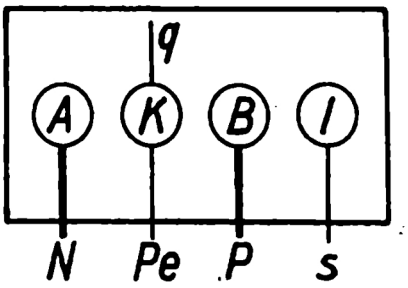
b. Verbundwicklung abschaltbar





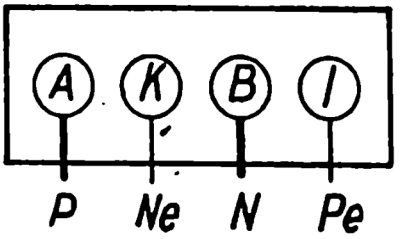
D. Generator mit Fremderregung





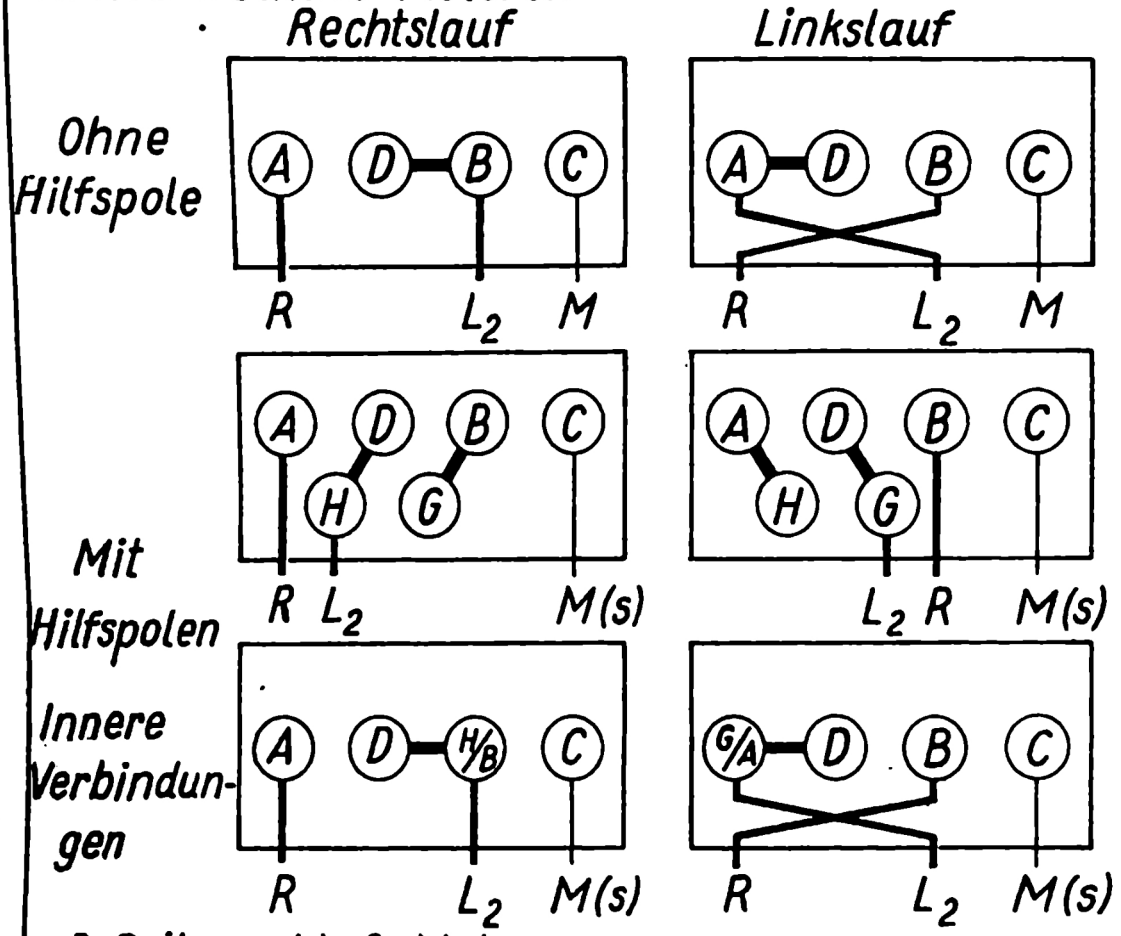
E. Querfeld-Generator von Rosenberg für Rechts-und Linkslauf

Pe u. Ne=Fremderregung

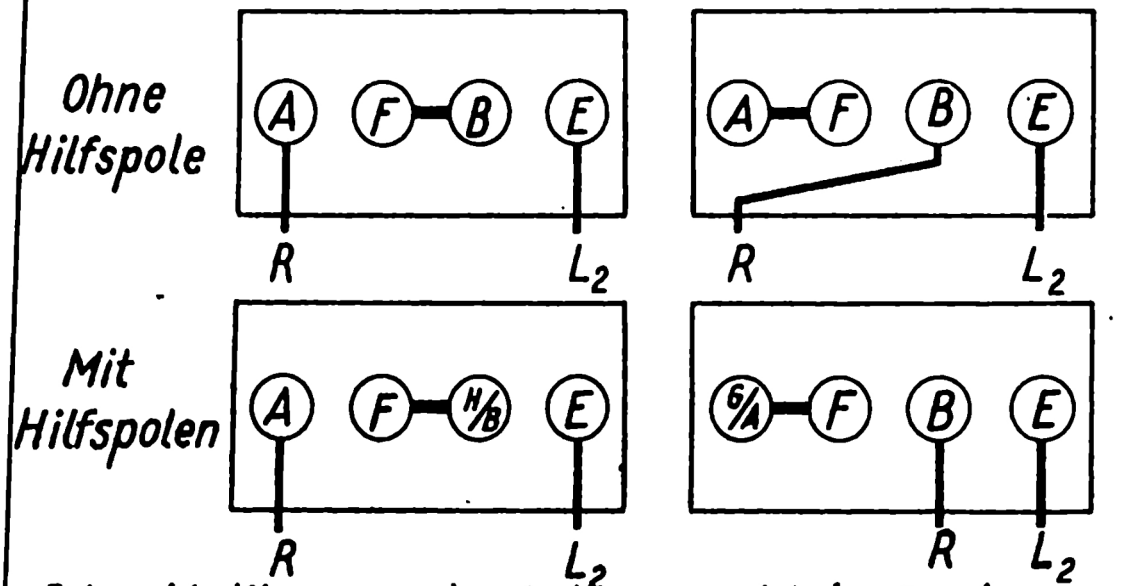


Klemmenbretter der Gleichstrom-Motoren

A. Nebenschluß-Motoren



B. Reihenschluß-Motoren

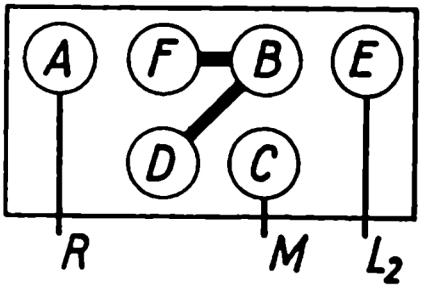


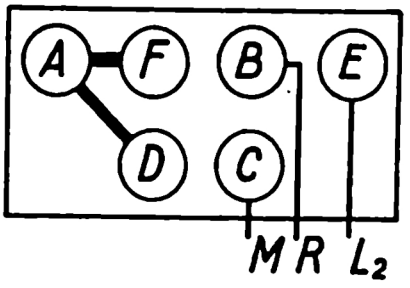
R, L u. M = Klemmen des Anlassers; (s) des Reglers,
L = Leitung

C. Doppelschluß - Motoren

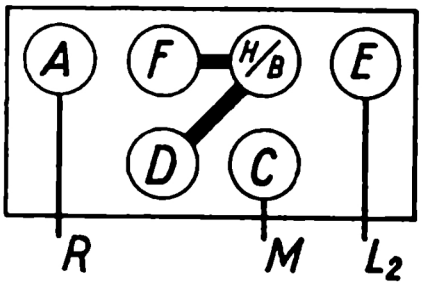
Rechtslauf | Linkslauf

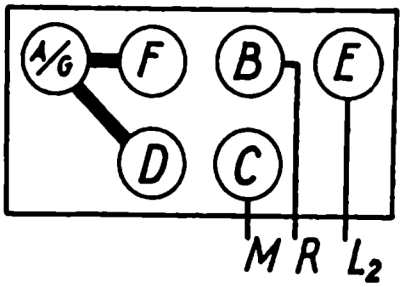
Ohne Wendepole





Mit Wendepolen

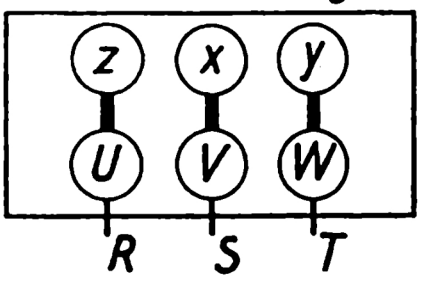




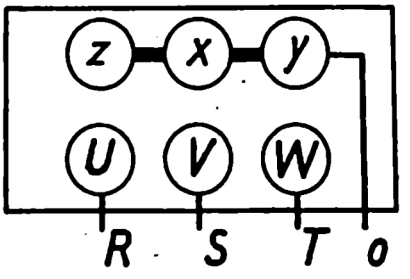
Ständerschaltungen der Wechselstrom-(Drehstrom-) Generatoren

a. Dreiphasenstrom

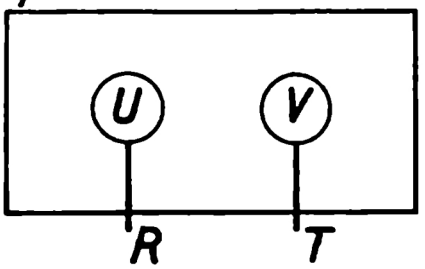
Δ-Schaltung



λ-Schaltung



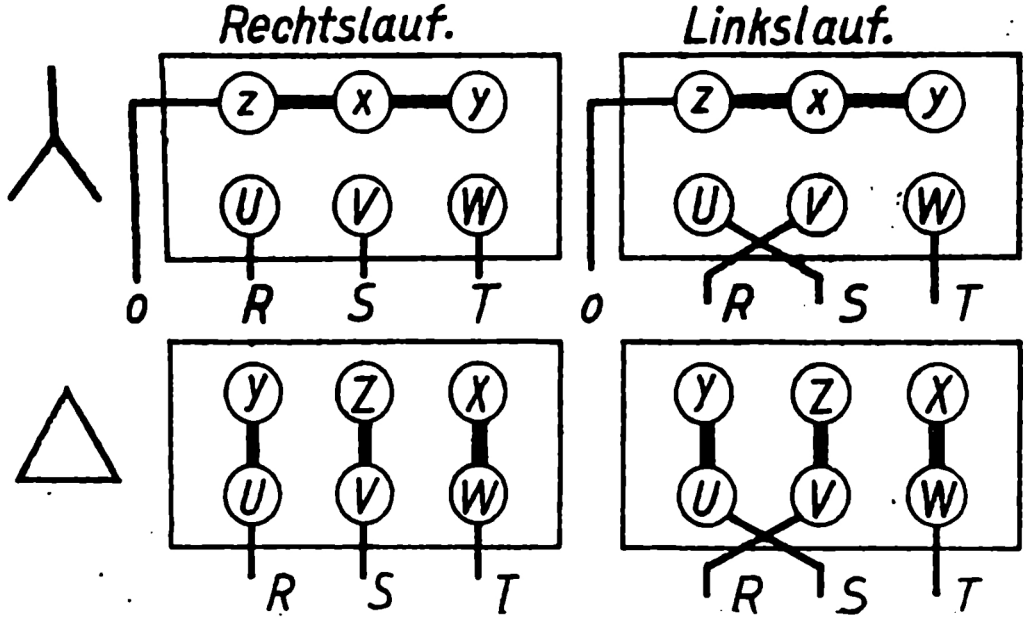
b. Einphasenstrom



1. Phase = U - x
2. " = V - y
3. " = W - z

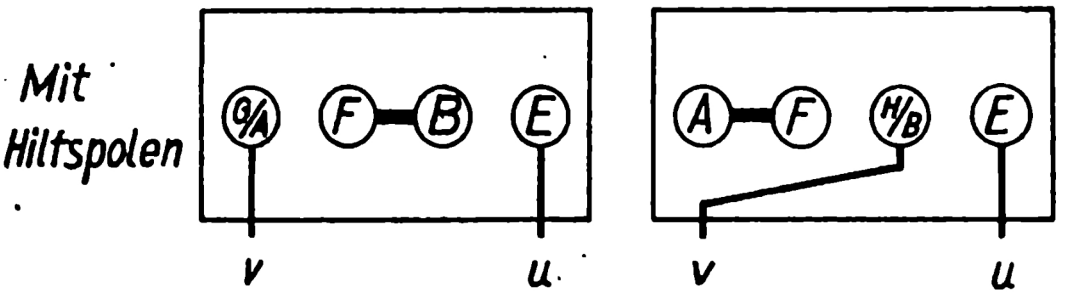
Klemmenbretter der Wechselstrom-Motoren

A. Drehstrom-Motoren

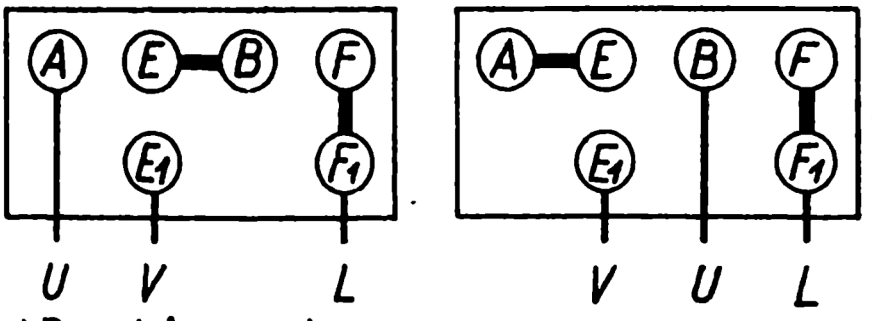


B. Kollektormotoren

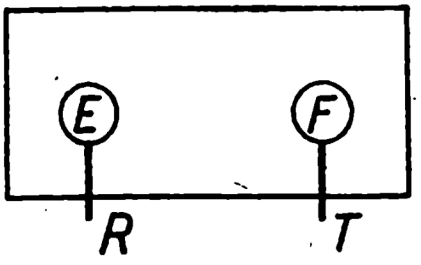
a) Reihenschlußmotor



b) Serien-Repulsionsmotor

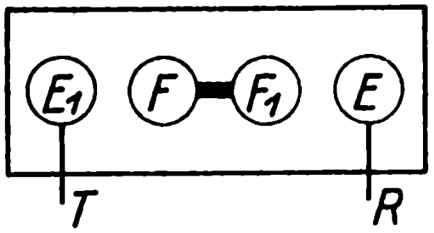


c) Repulsionsmotor (Kurzschlußmotor) Deri-Motor

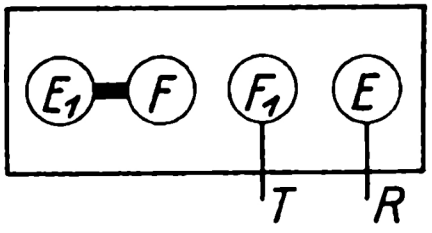


d) Thomsonmotor mit 2 Wicklungen

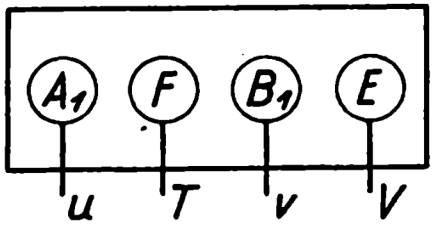
Rechtslauf

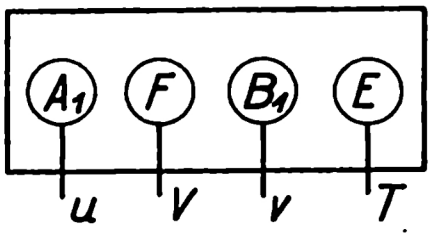


Linkslauf



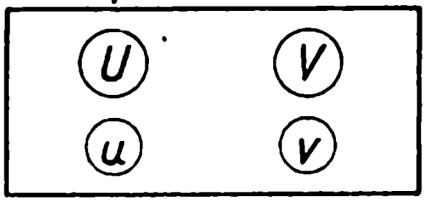
e) Winter - Eichberg - Motor



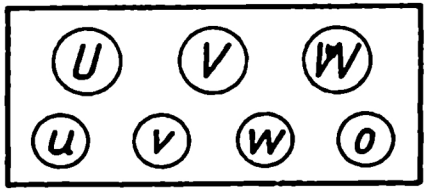


Klemmbretter der Transformatoren

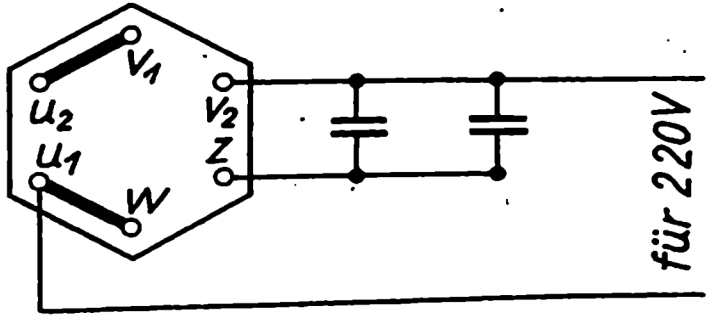
a) Einphasen-Transformator

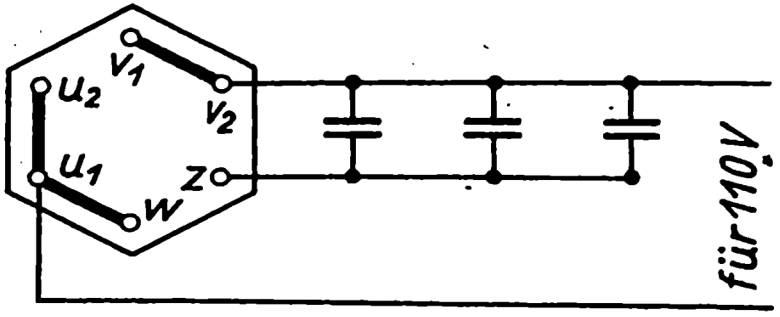


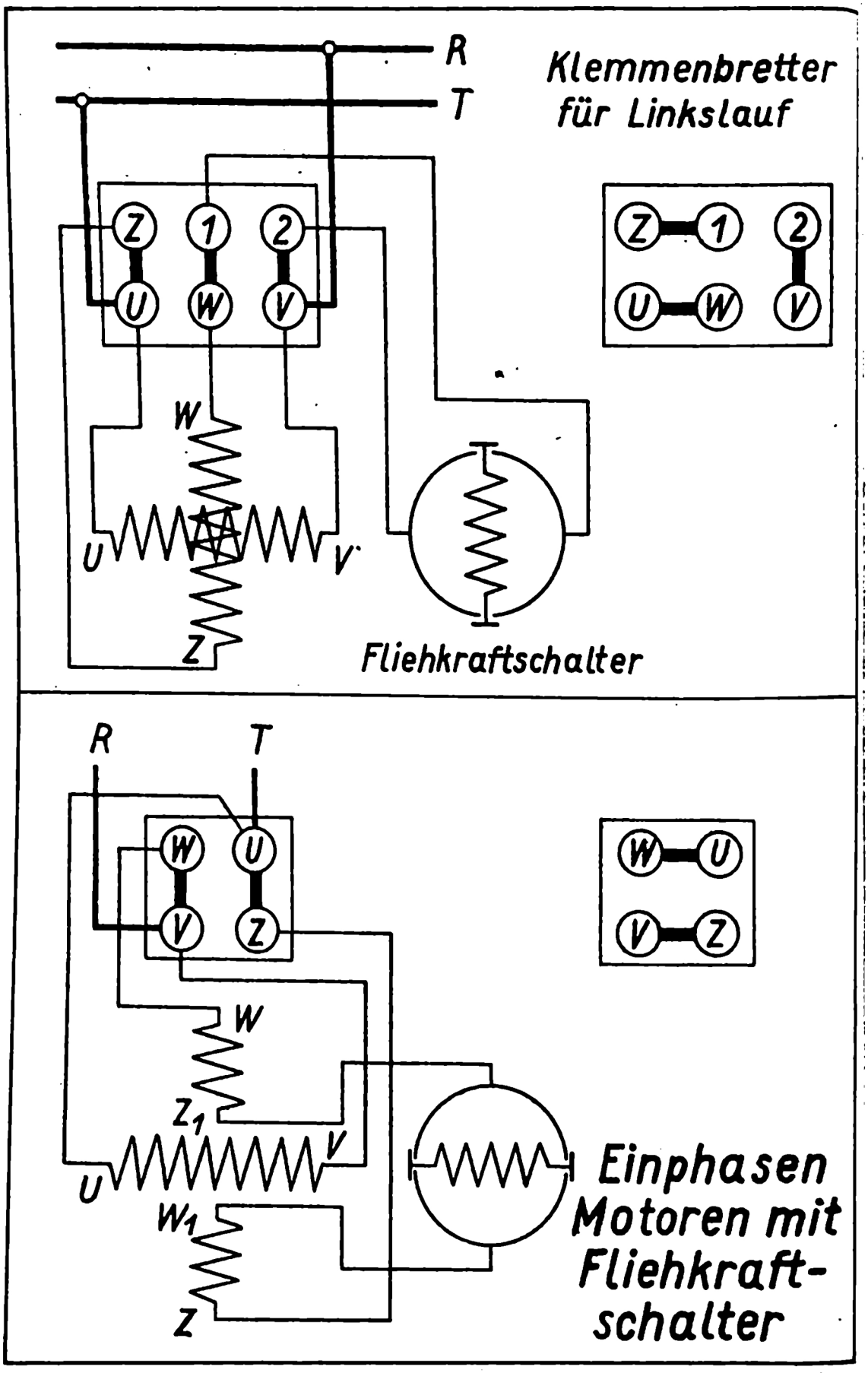
b) Drehstrom-Transformator

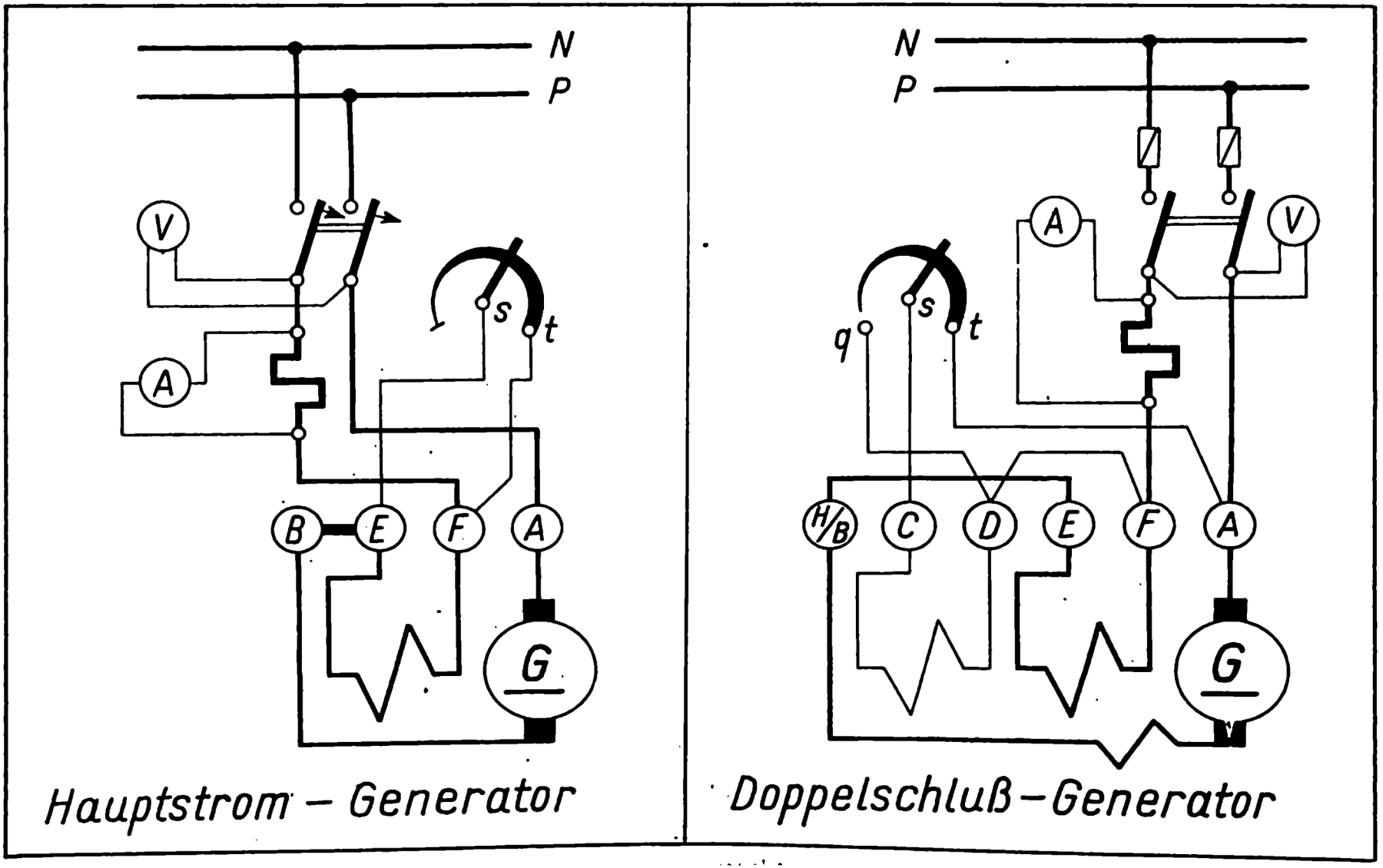


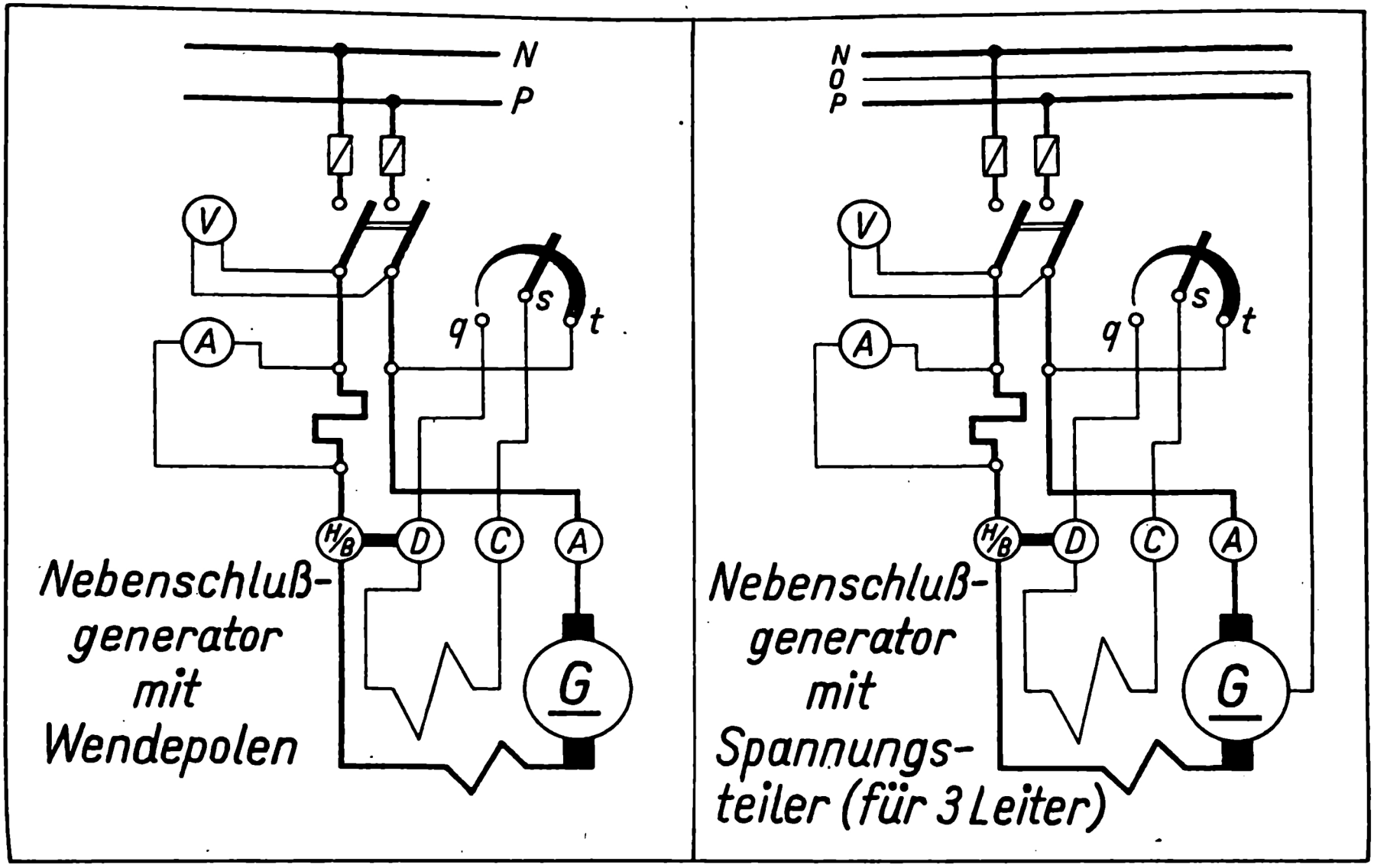
Schaltschema (Klemmbrett) eines Einphasen-Wechselstrommotors

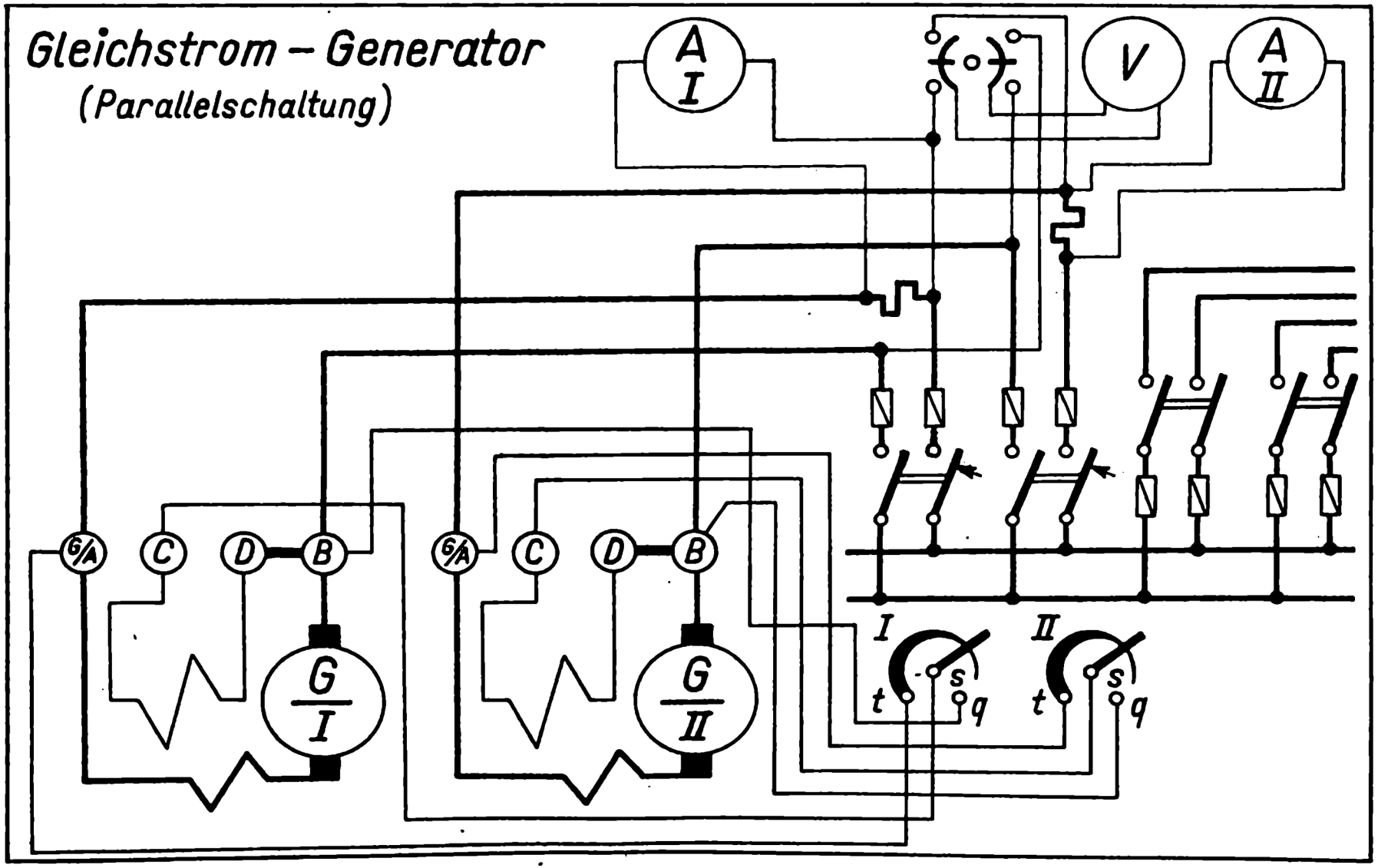




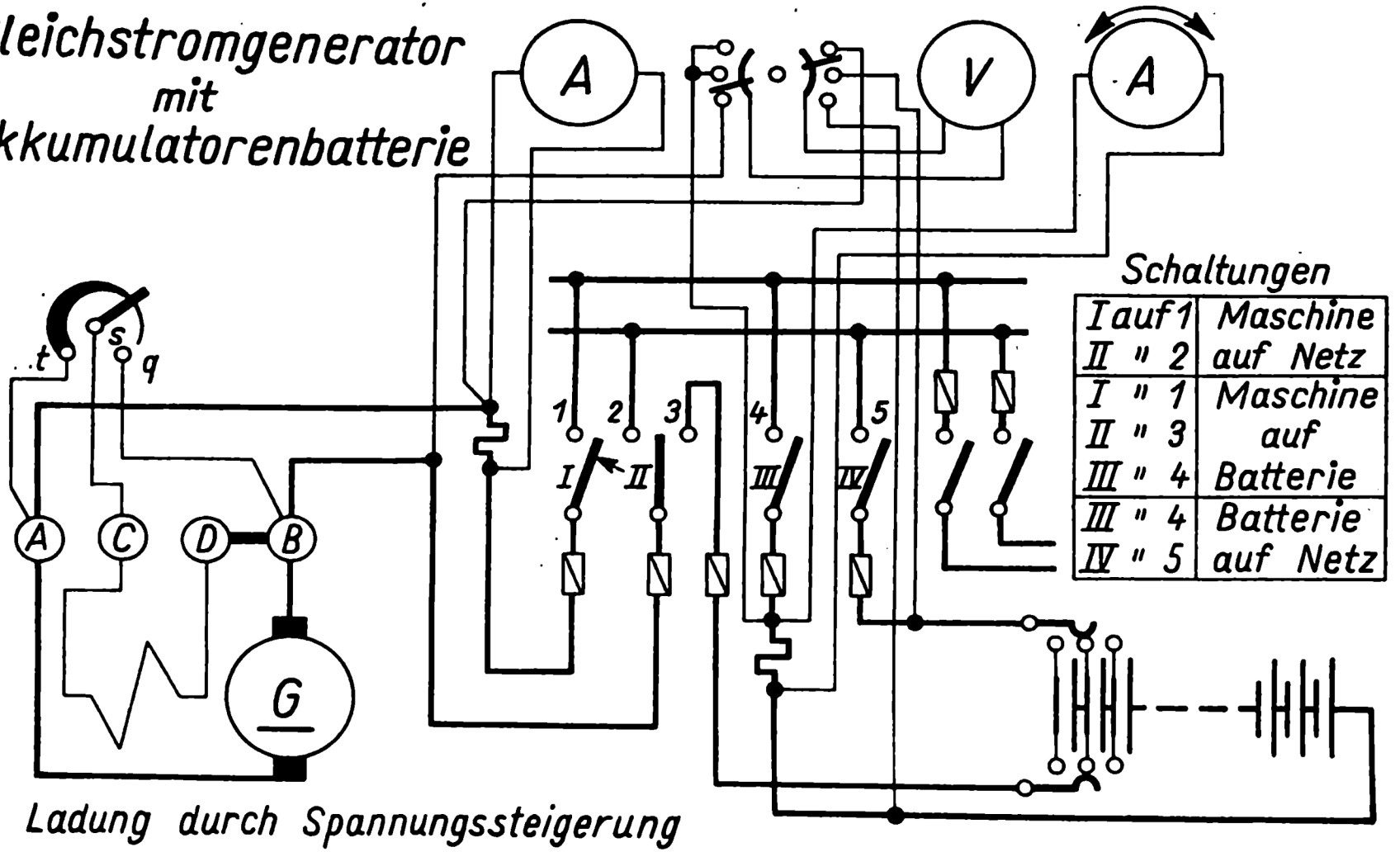

R
T
Klemmenbretter
für Linkslauf
Z
1
2
U
W
V
W
U
V
Z
Fliehkraftschalter
R
T
W
U
V
Z
W
Z1
V
U
W1
Z
Einphasen
Motoren mit
Fliehkraft-
schalter


N
P
V
A
s
t
B
E
F
A
G
Hauptstrom – Generator
N
P
A
V
q
s
t
H/B
C
D
E
F
A
G
Doppelschluß–Generator


N
P
V
A
q
s
t
H/B
D
C
A
G
Nebenschluß-
generator
mit
Wendepolen
N
O
P
V
A
q
s
t
H/B
D
C
A
G
Nebenschluß-
generator
mit
Spannungs-
teiler (für 3 Leiter)


Gleichstrom – Generator
(Parallelschaltung)
A I
V
A II
G/A
C
D
B
G/A
C
D
B
G I
G II
I
II
t
s
q
t
s
q

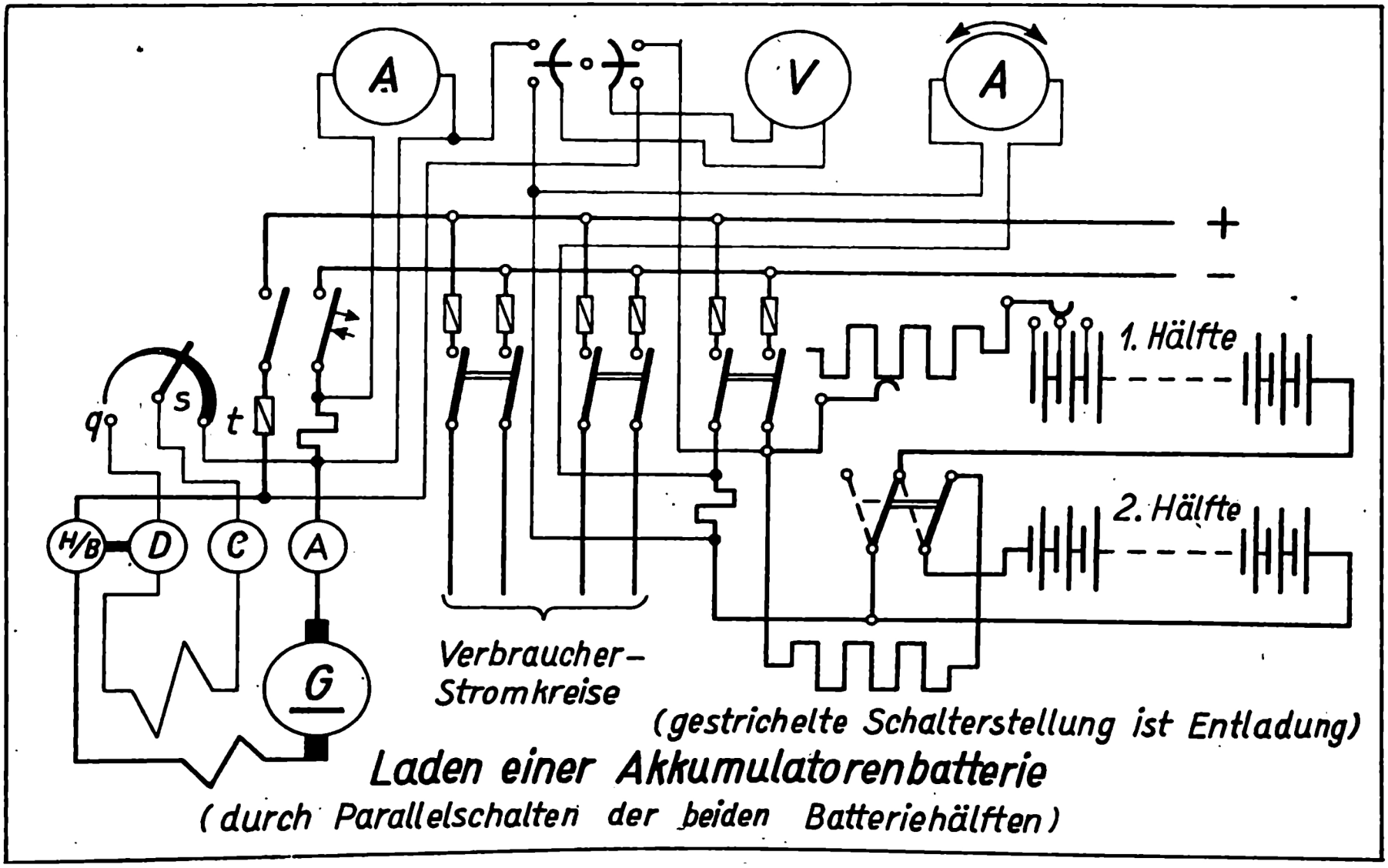
Gleichstromgenerator mit Akkumulatorenbatterie



Schaltungen

I auf 1 II " 2	Maschine auf Netz
I " 1 II " 3 III " 4	Maschine auf Batterie
III " 4 IV " 5	Batterie auf Netz

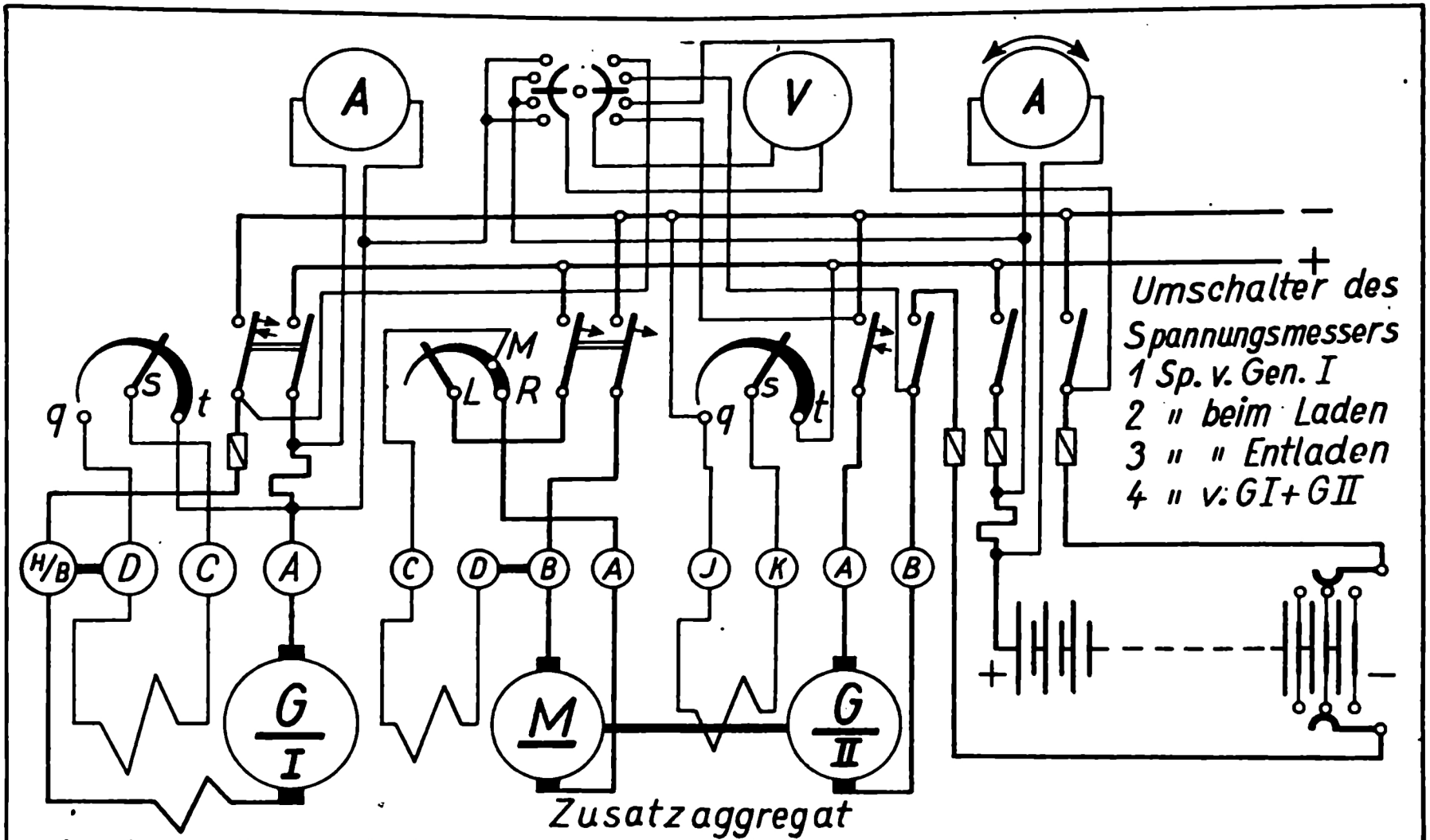
Ladung durch Spannungssteigerung



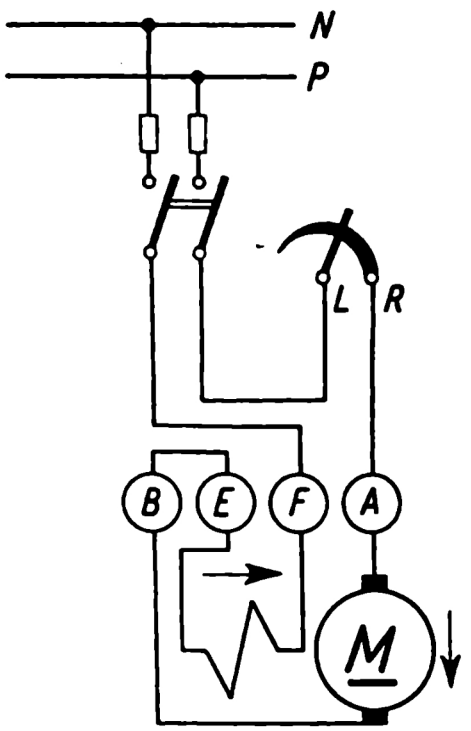
(gestrichelte Schalterstellung ist Entladung)

Laden einer Akkumulatorenbatterie

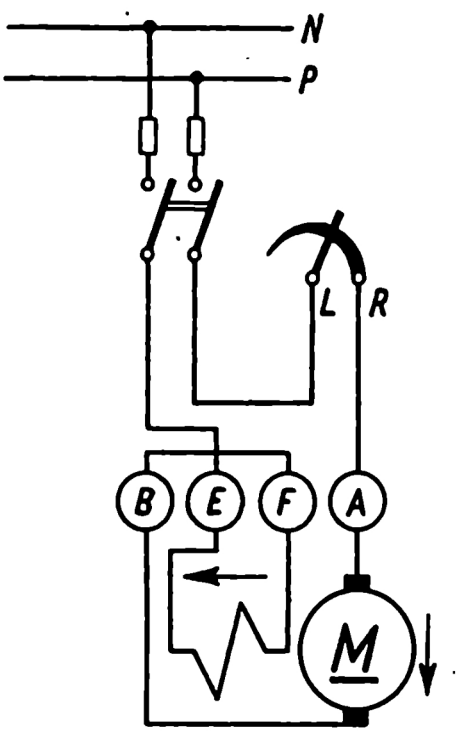
(durch Parallelschalten der beiden Batteriehälften)



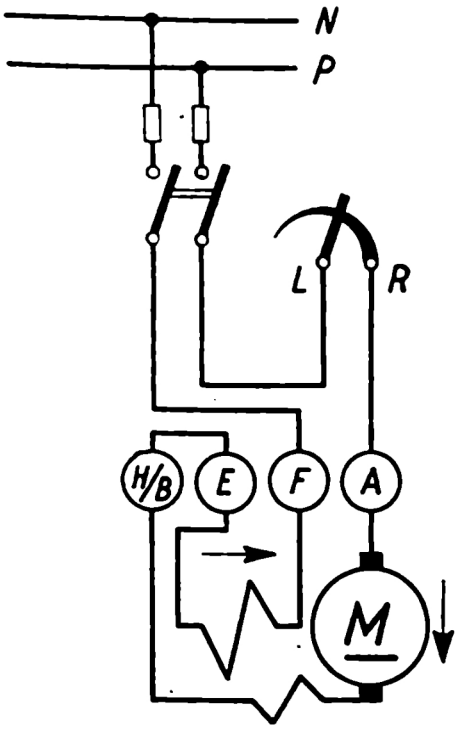
Laden einer Akkumulatoren-Batterie durch Zusatzaggregate



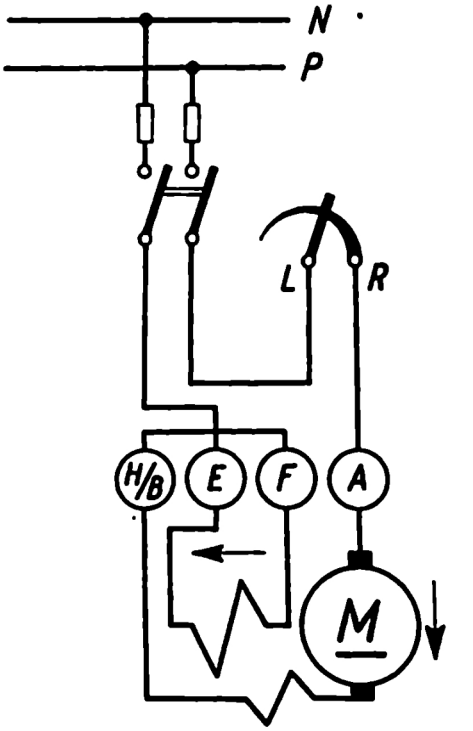
Hauptschlußmotor-Rechtslauf



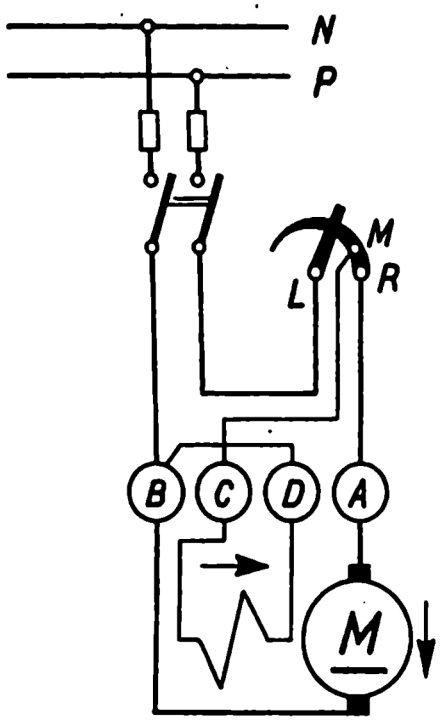
Hauptschlußmotor-Linkslauf



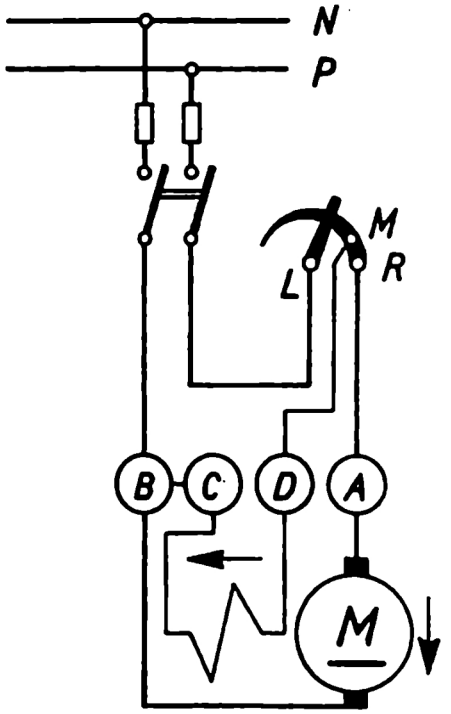
Hauptschlußmotor mit Wendepolen
Rechtslauf



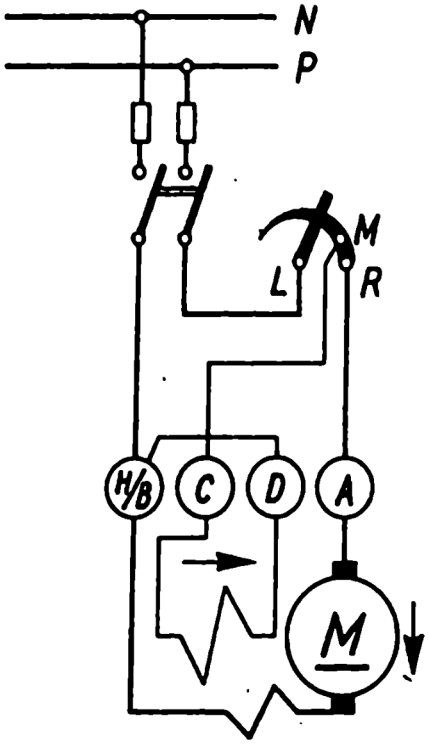
Hauptschlußmotor mit Wendepolen
Linkslauf



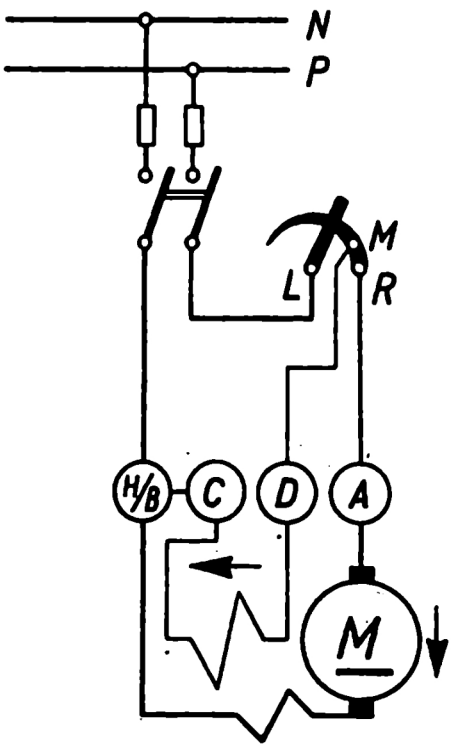
Nebenschlußmotor – Rechtslauf



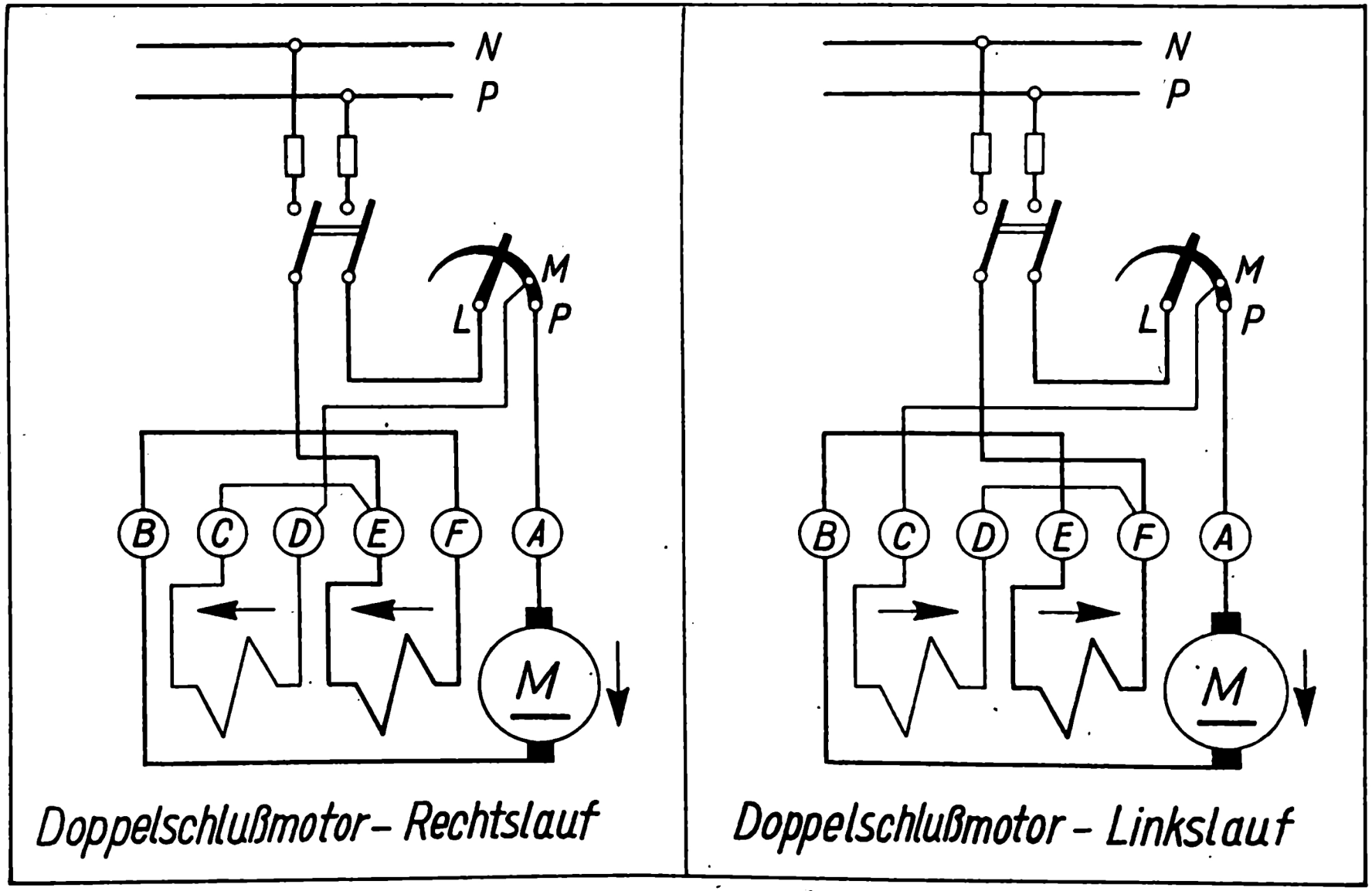
Nebenschlußmotor – Linkslauf



Nebenschlußmotor mit Wendepolen
Rechtslauf

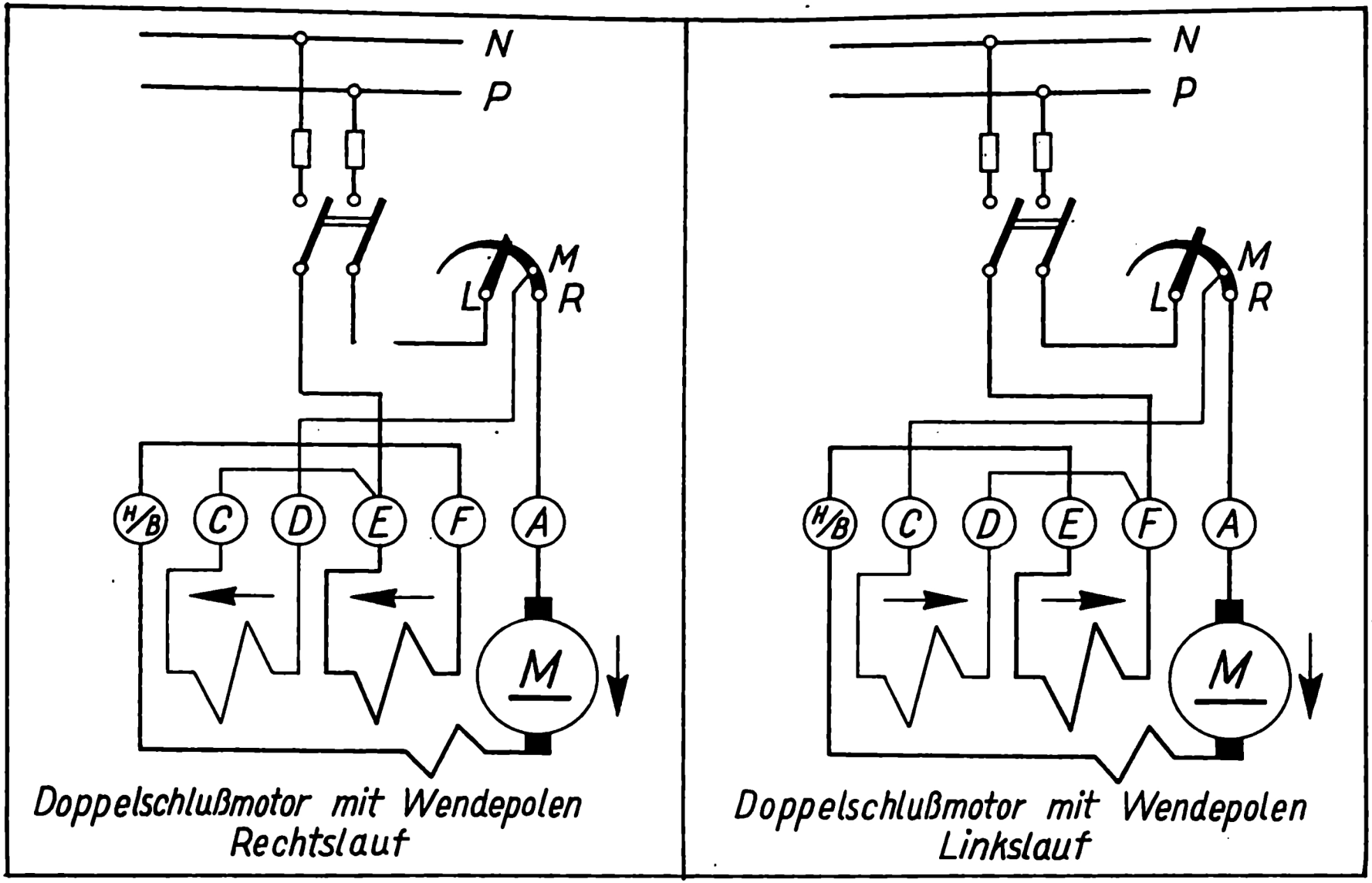


Nebenschlußmotor mit Wendepolen
Linkslauf



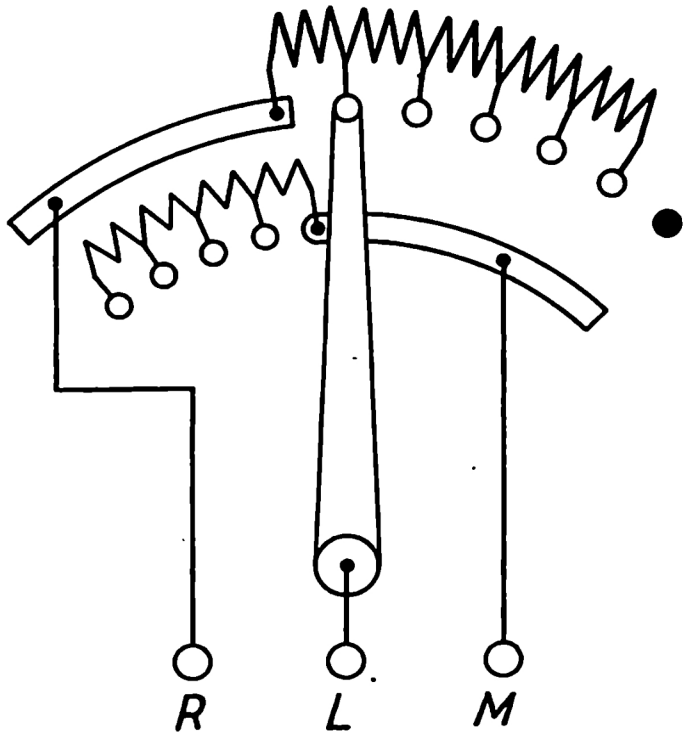
Doppelschlußmotor – Rechtslauf

Doppelschlußmotor – Linkslauf

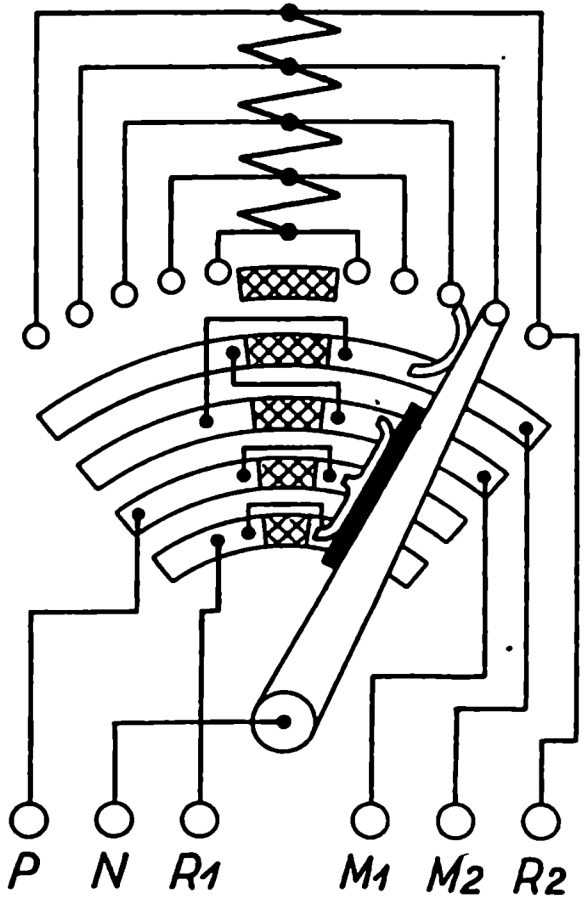


Doppelschlußmotor mit Wendepolen
Rechtslauf

Doppelschlußmotor mit Wendepolen
Linkslauf

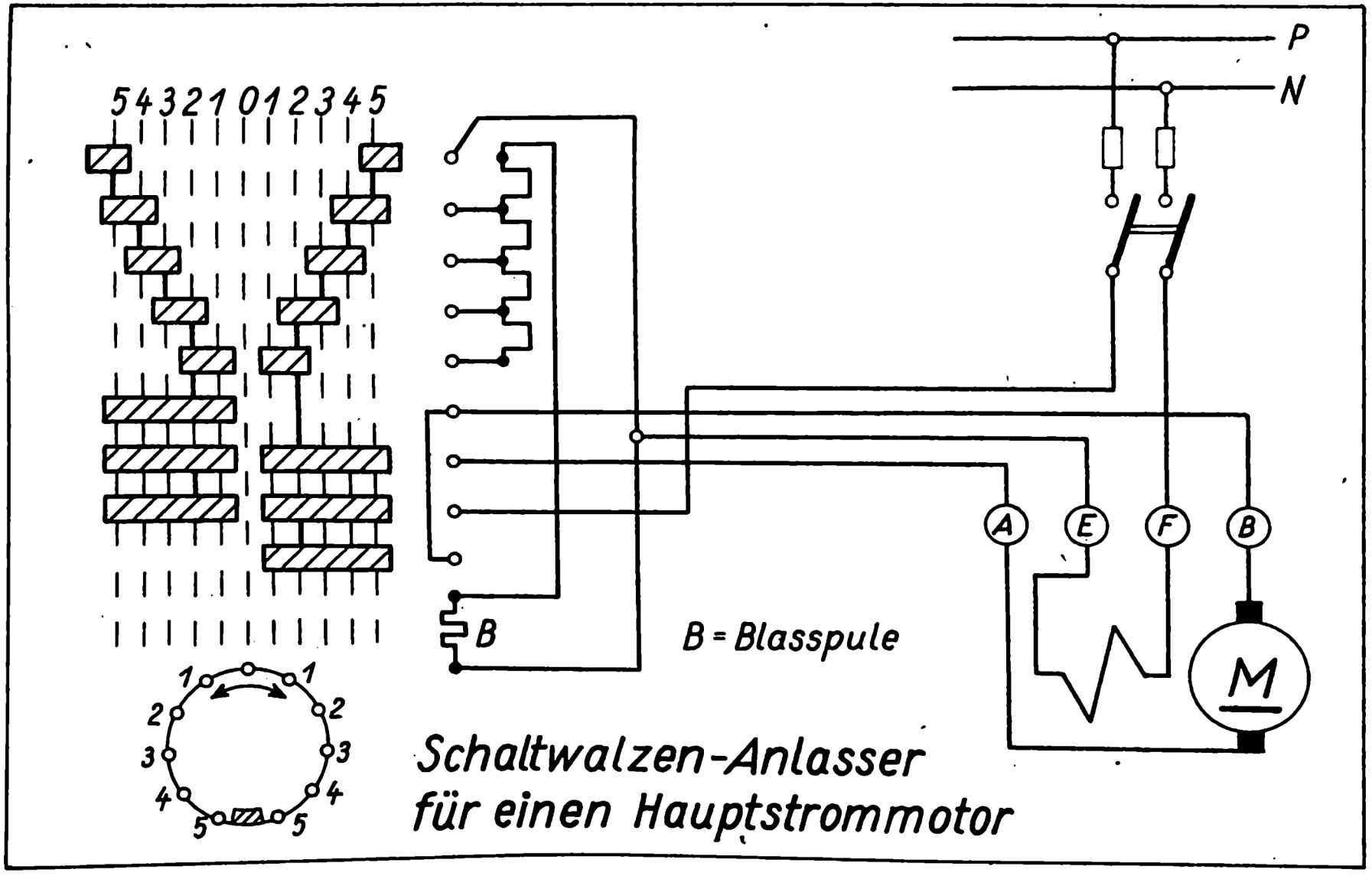


Regulier-Anlasser

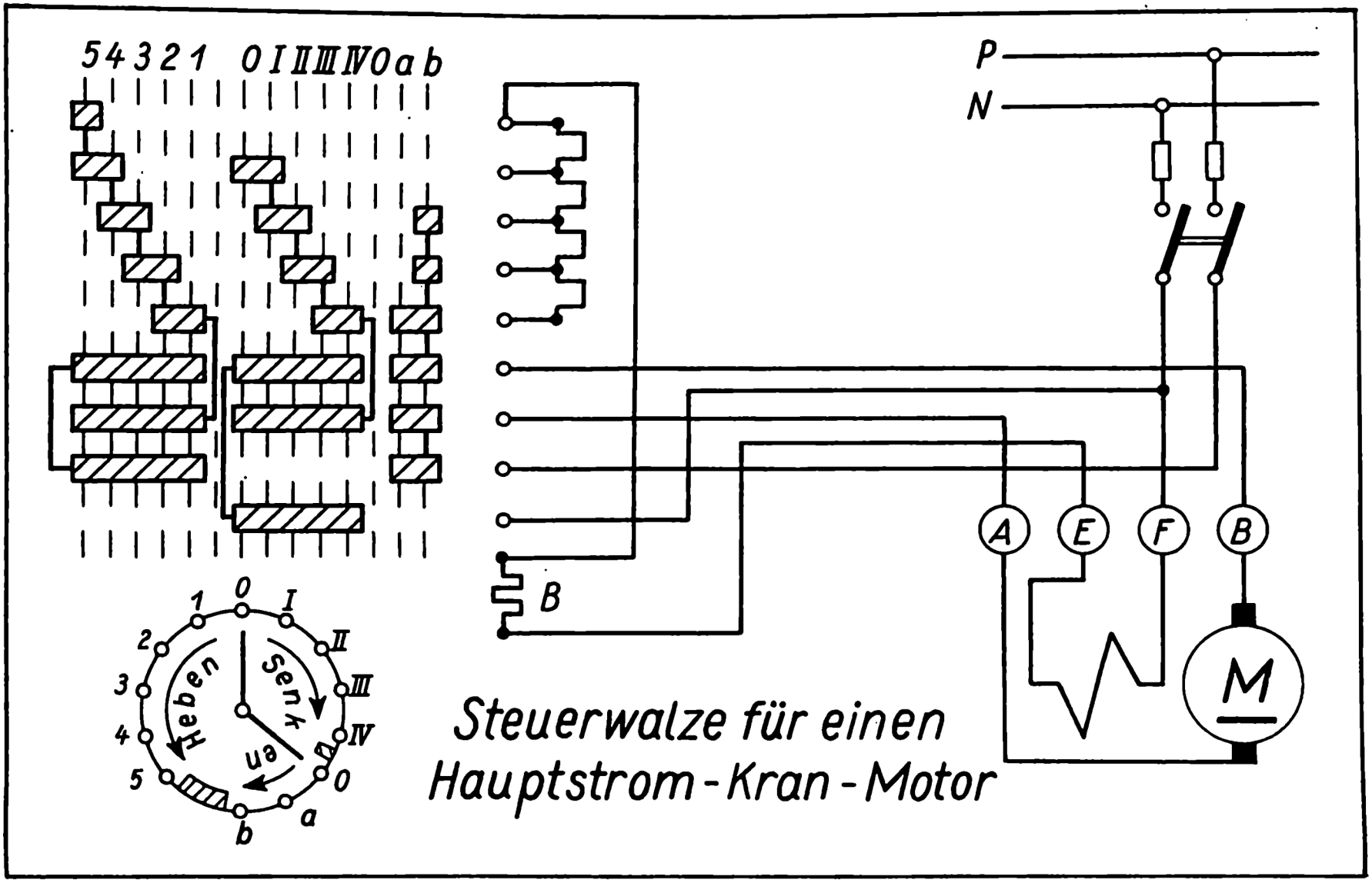


Umkehr-Anlasser

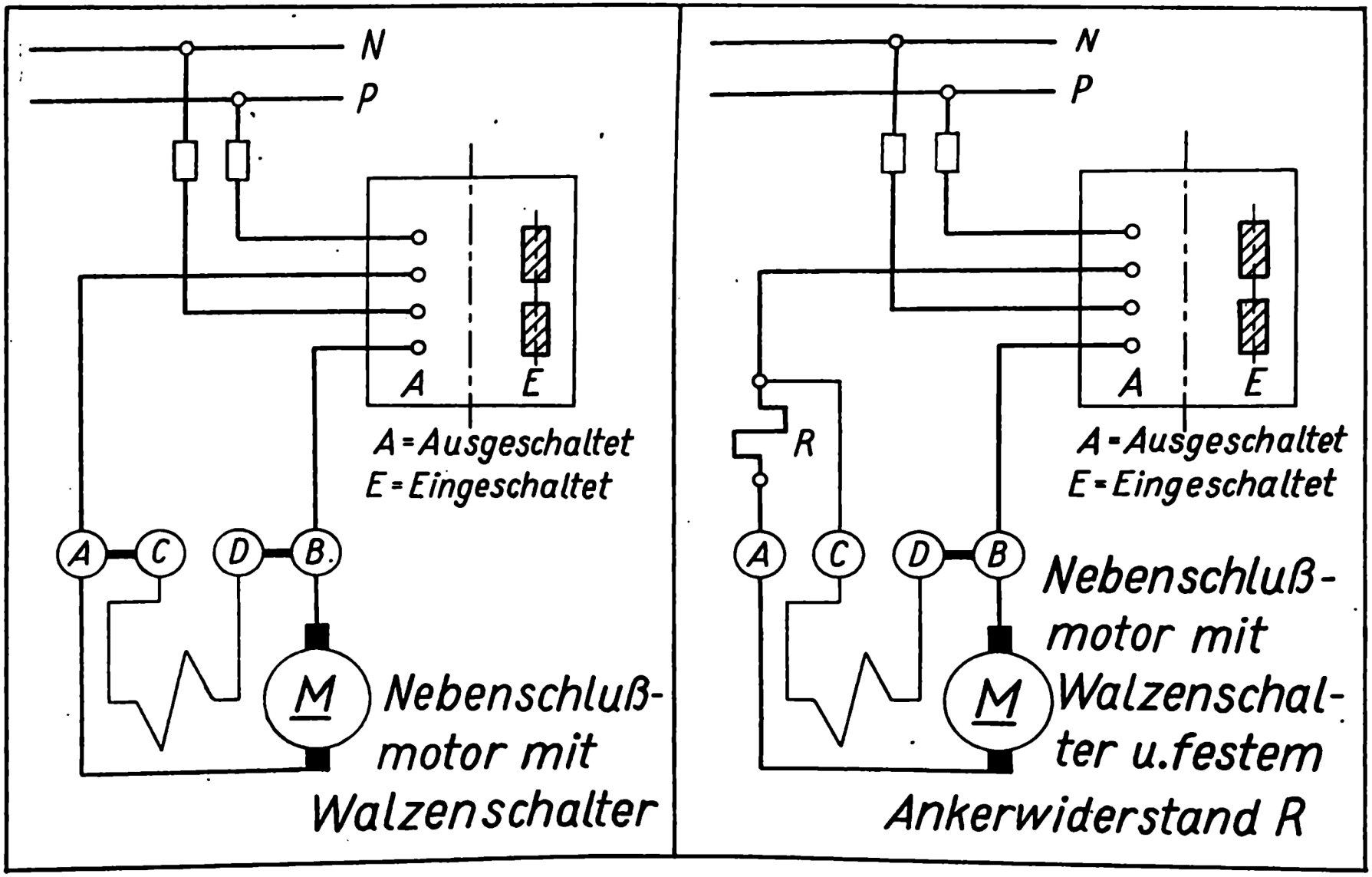
P
N
A
M
F
E
B
Walzenanlasser für
Hauptstrommotor
0 5 4 3 2 1
1
2
3
4
5
6

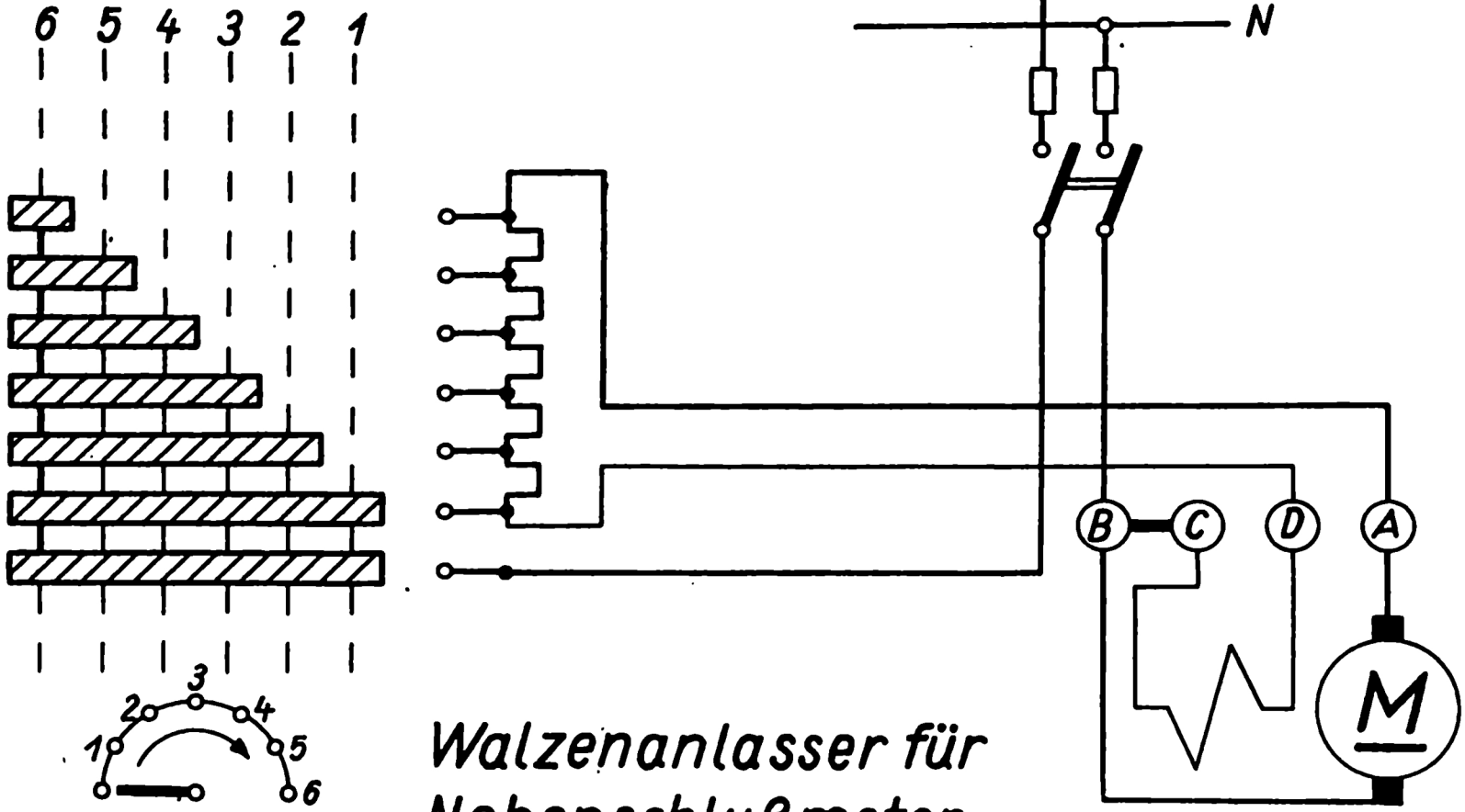


Schaltwalzen-Anlasser
für einen Hauptstrommotor

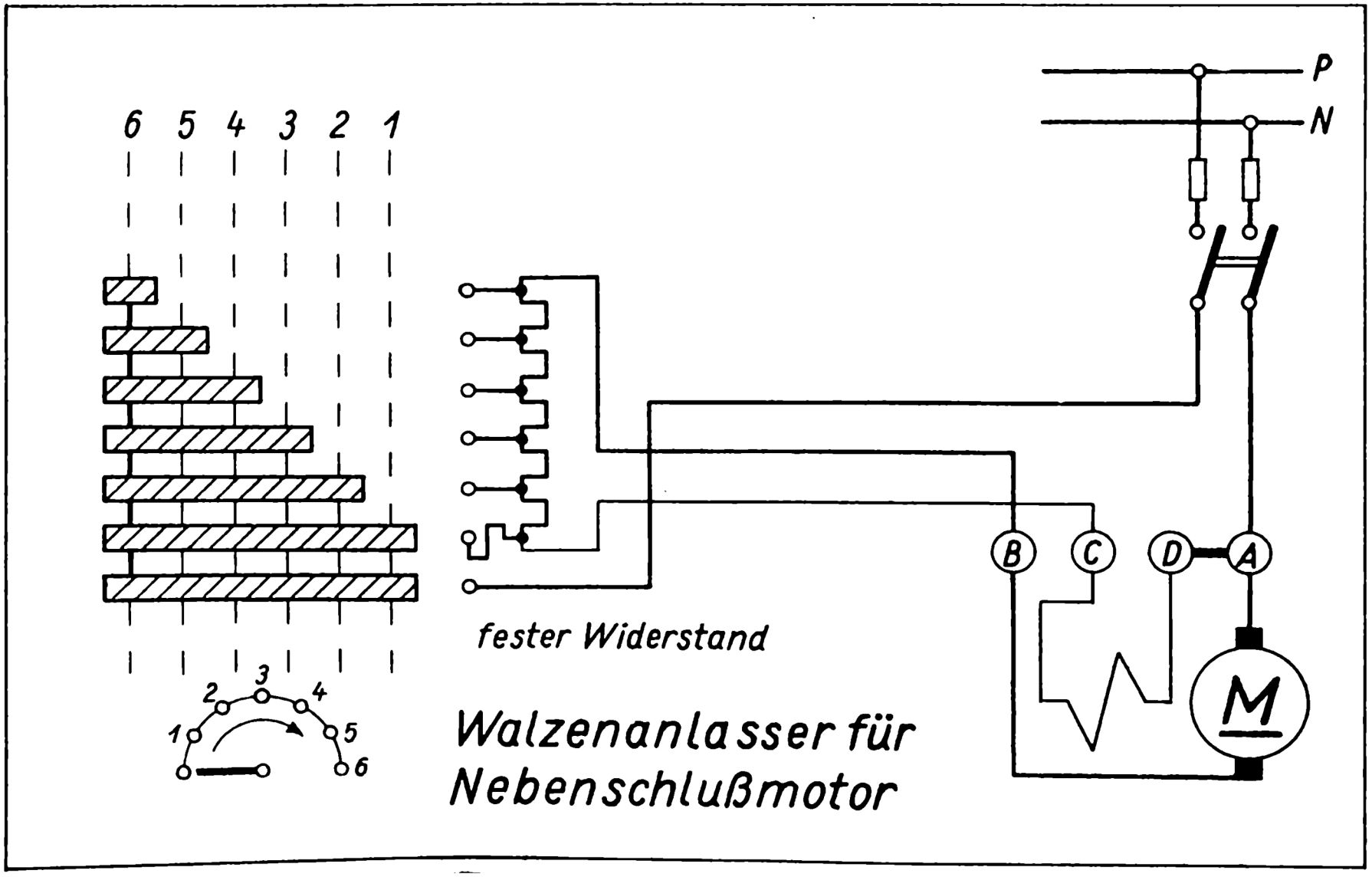


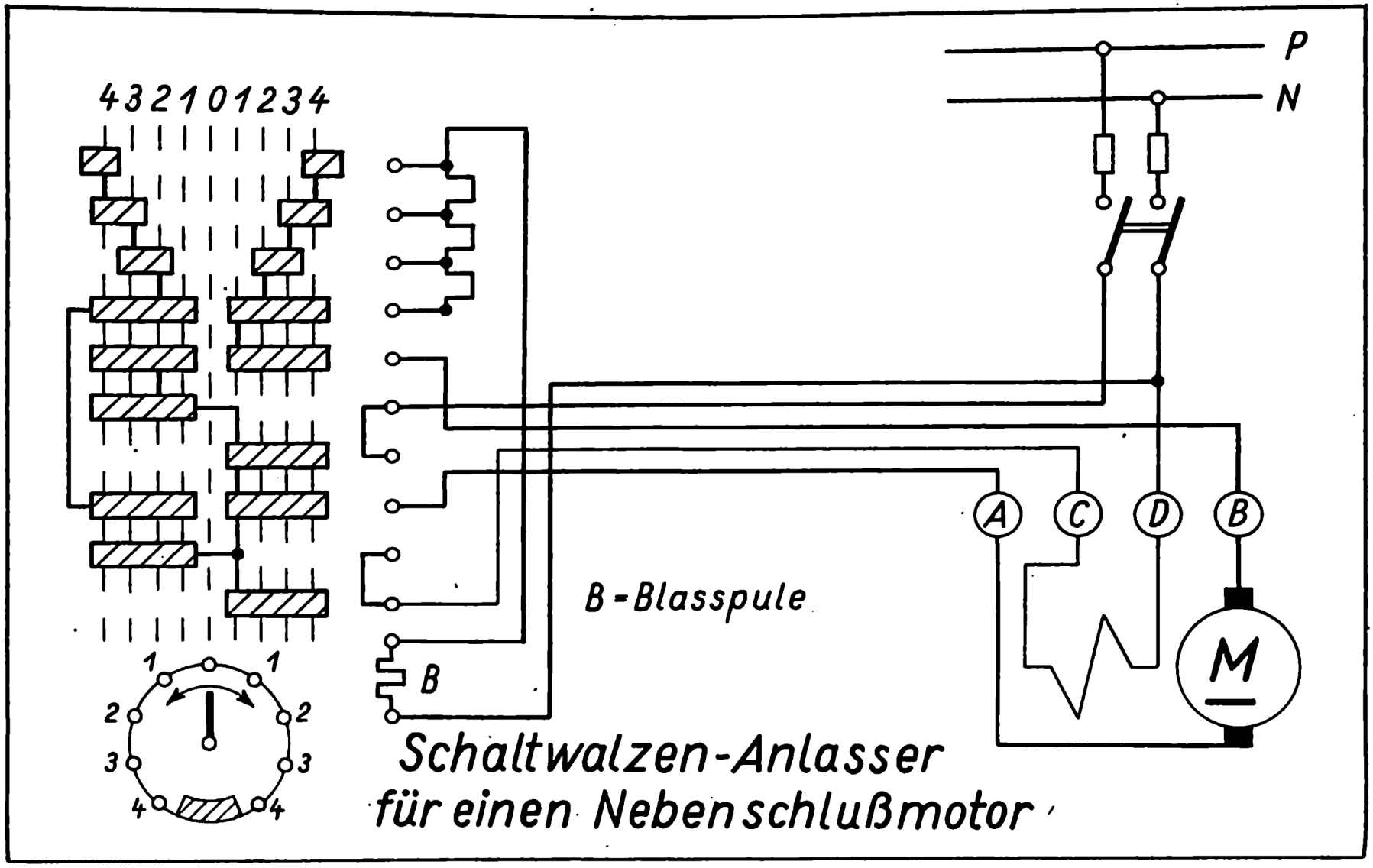
Steuerwalze für einen Hauptstrom-Kran-Motor


N
P
A
E
A = Ausgeschaltet
E = Eingeschaltet
A
C
D
B
M
Nebenschluß-
motor mit
Walzenschalter
N
P
R
A
E
A = Ausgeschaltet
E = Eingeschaltet
A
C
D
B
M
Nebenschluß-
motor mit
Walzenschal-
ter u. festem
Ankerwiderstand R

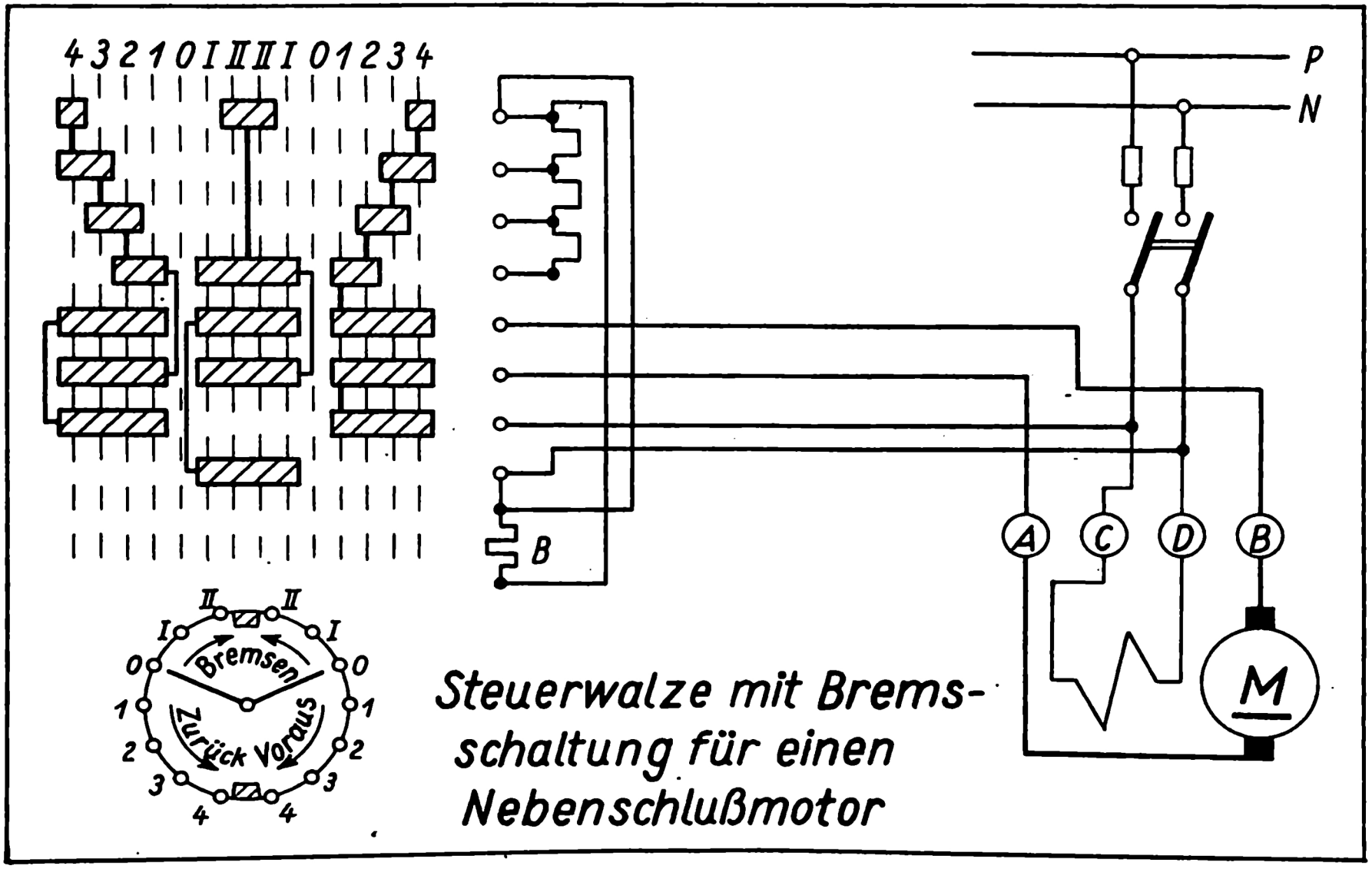


Walzenanlasser für
Nebenschlußmotor


6 5 4 3 2 1
P
N
B
C
D
A
M
fester Widerstand
Walzenanlasser für
Nebenschlußmotor

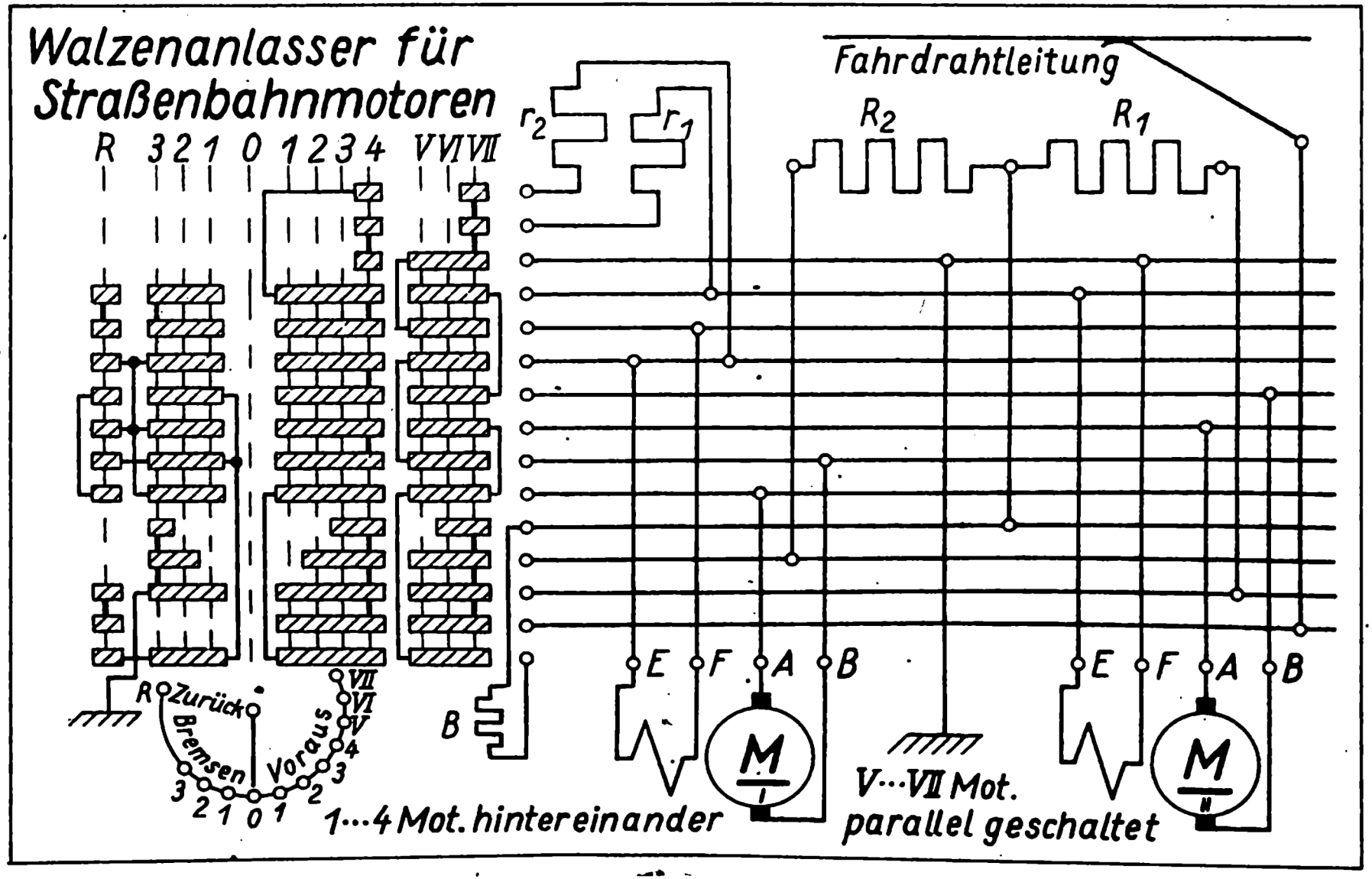


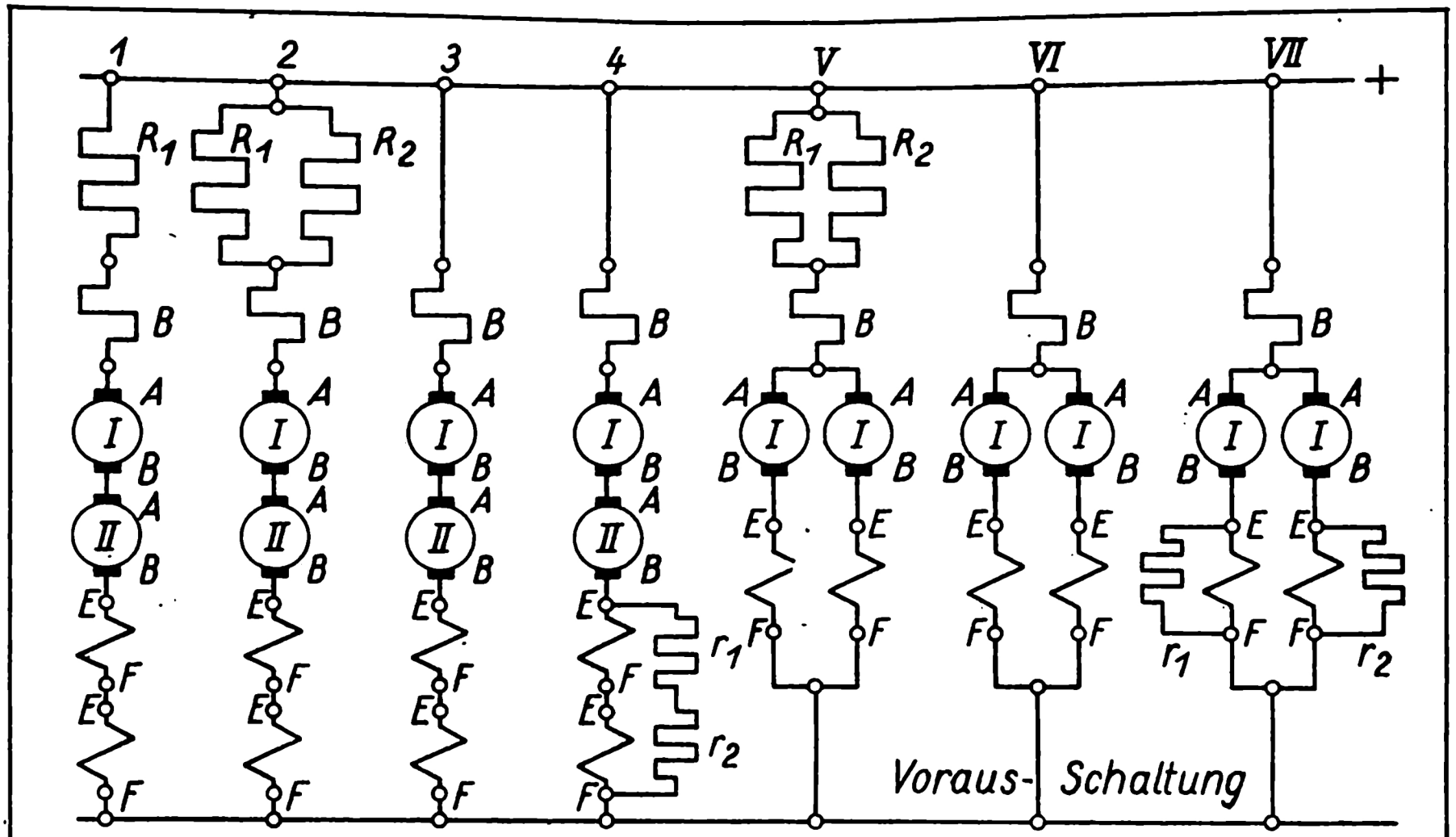
Schaltwalzen-Anlasser
für einen Nebenschlußmotor



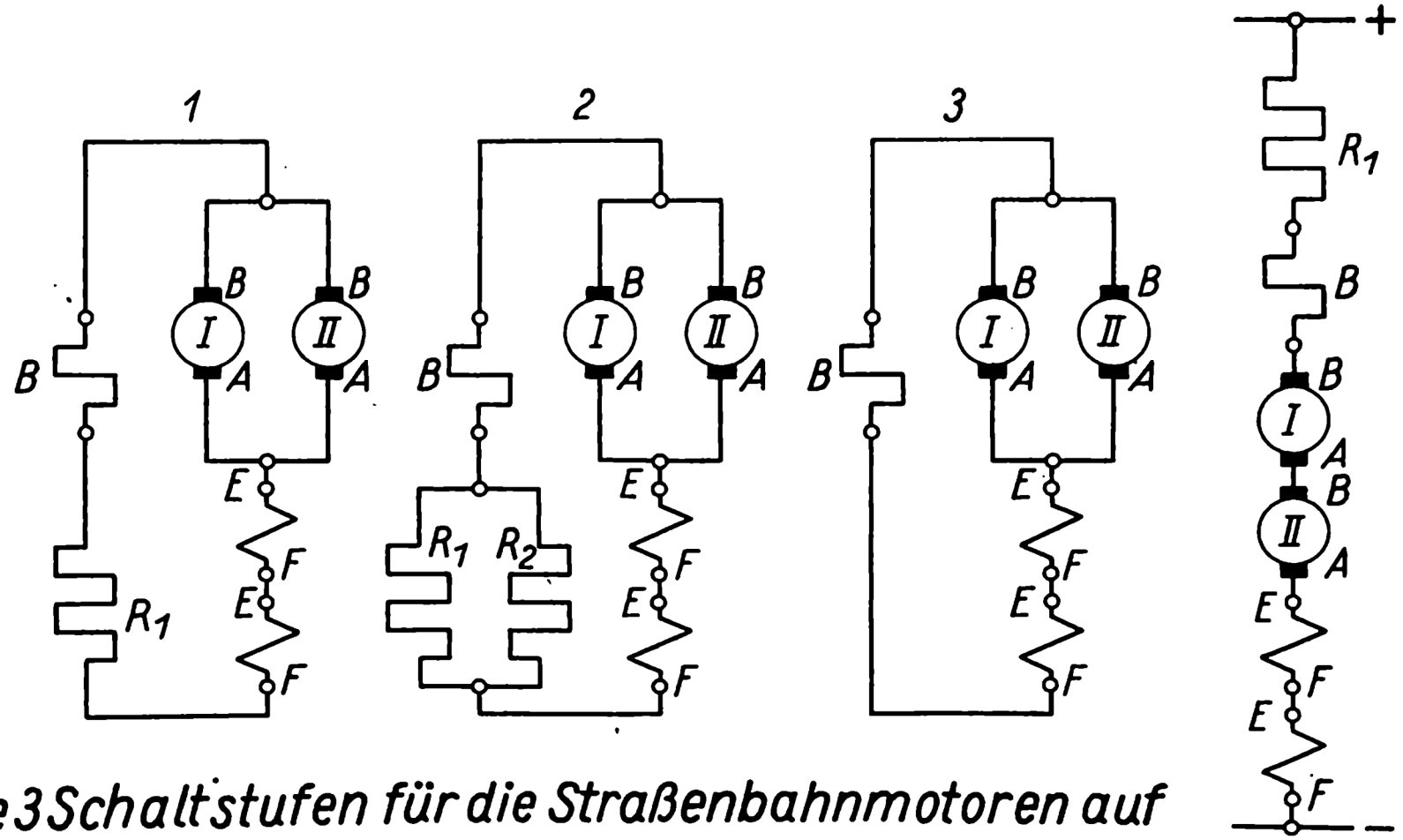
Steuerwalze mit Bremsschaltung für einen Nebenschlußmotor

Nebenschlußmotor mit Umkehranlasser


Walzenanlasser für
Straßenbahnmotoren
R 3 2 1 0 1 2 3 4 V VI VII
r2
r1
R2
R1
Fahrdrahtleitung
B
E F A B
E F A B
M
M
R Zurück
Bremsen
Voraus
3 2 1 0 1 2 3 4 V VI VII
1...4 Mot. hintereinander
V...VII Mot.
parallel geschaltet

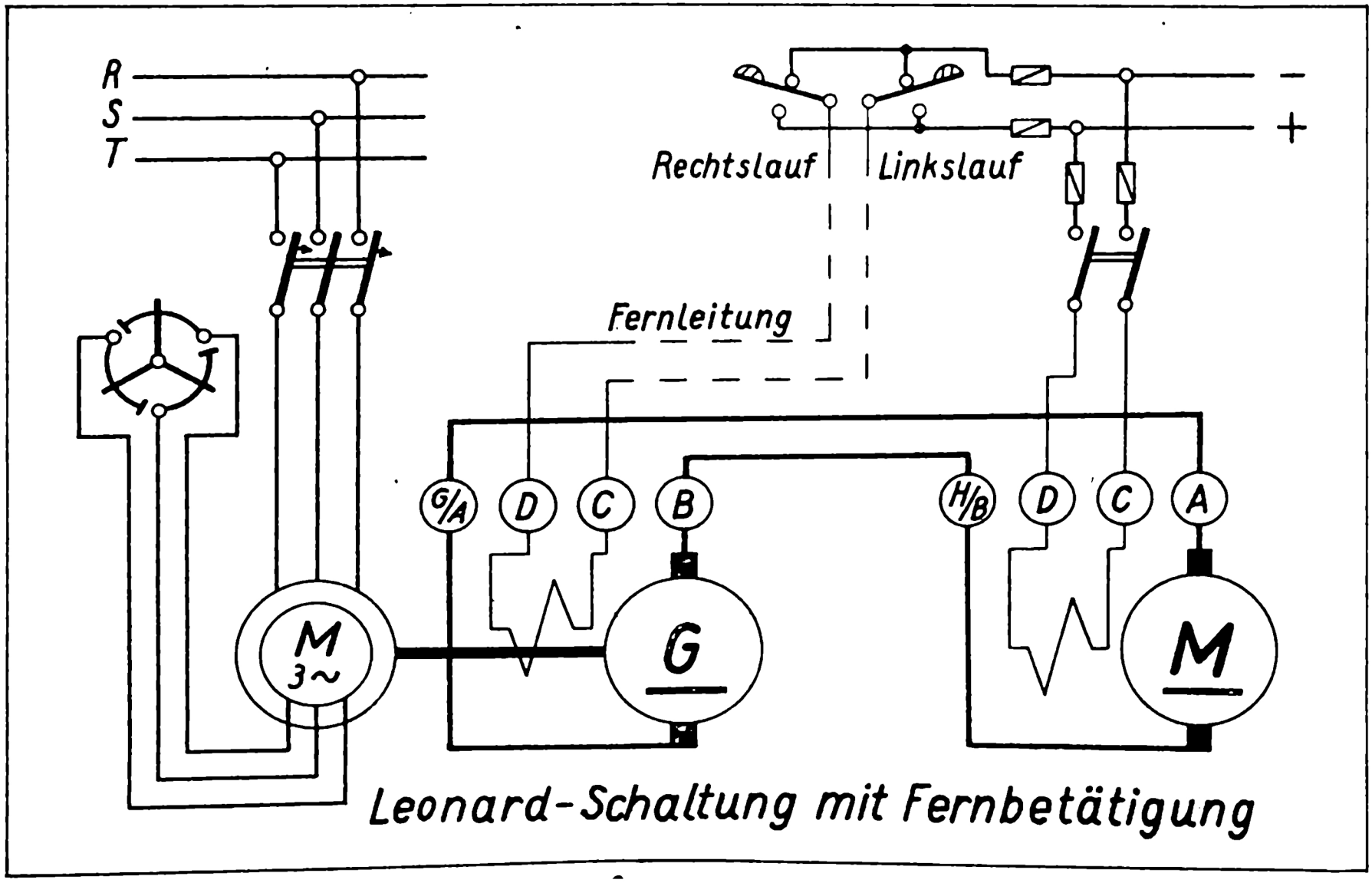


Die 7 Schaltstufen für die Straßenbahnmotoren der vorhergehenden Seite



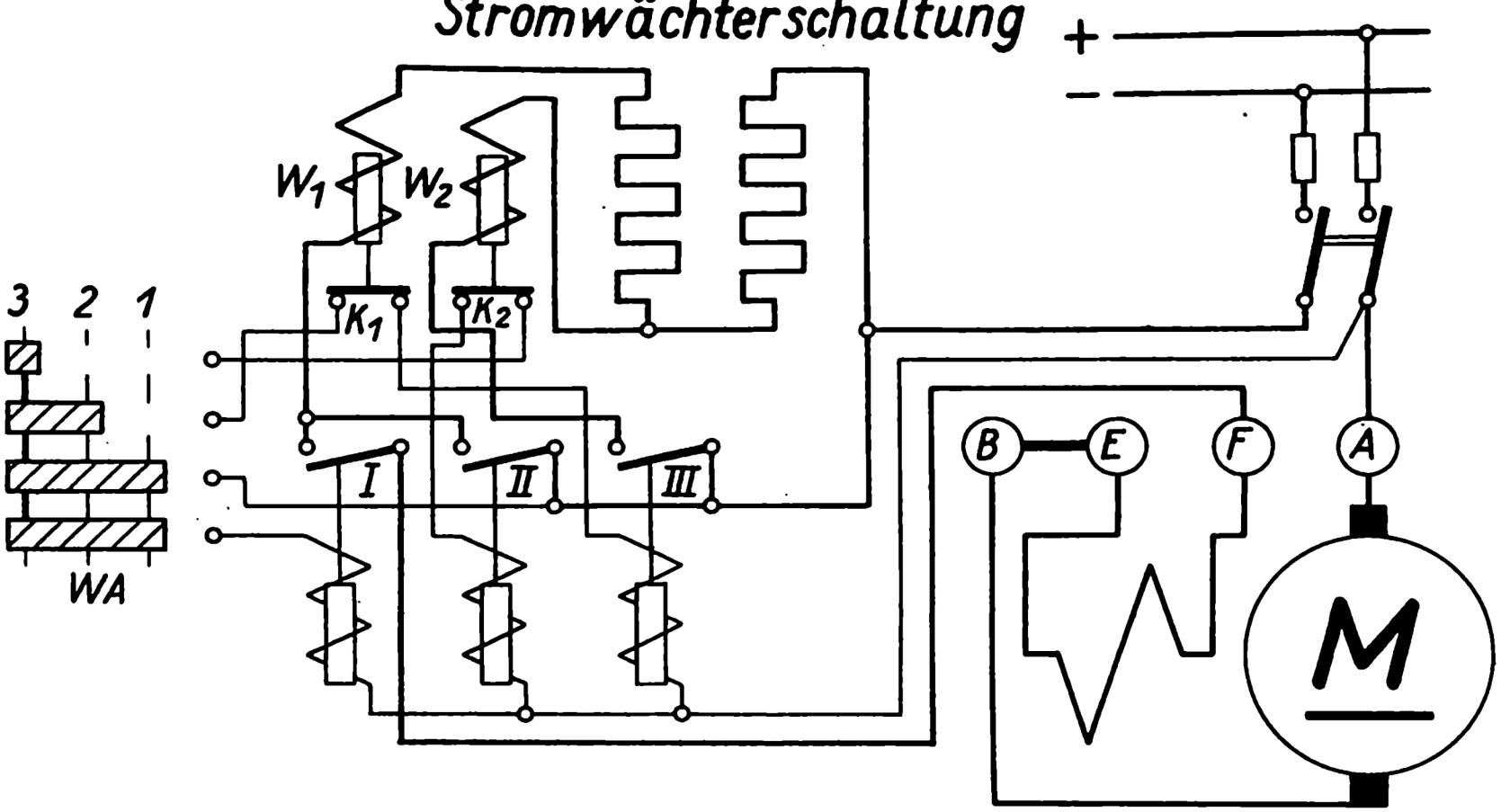
Die 3 Schaltstufen für die Straßenbahnmotoren auf Seite 78 für das Bremsen. Rechts die Schaltung für Rückwärts

Leonard - Schaltung
M
G
M
A
C
D
H/B
B
C
D
G/A
B
C
D
G/A
R
L
M
R
L
+
-

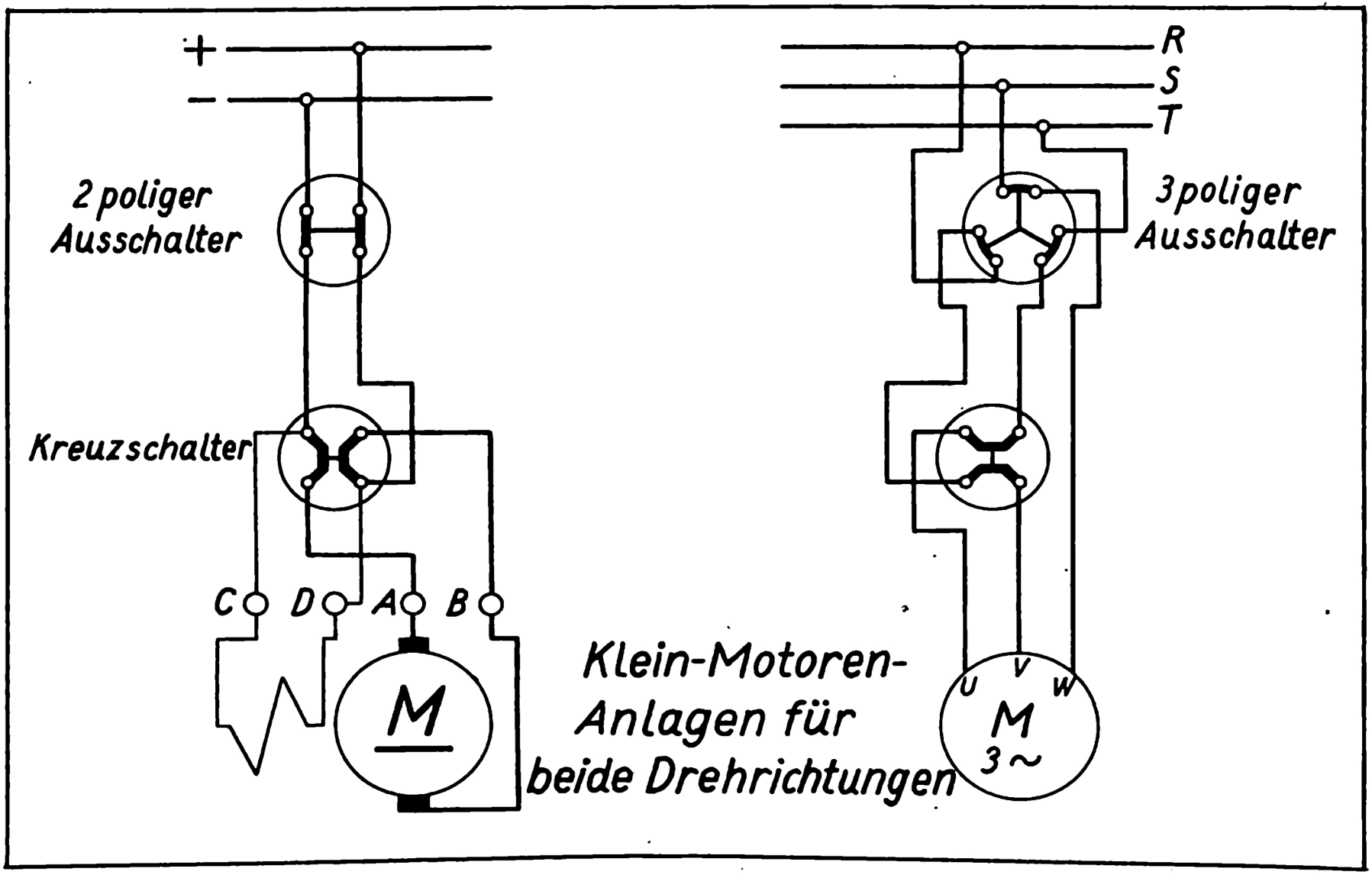


Leonard-Schaltung mit Fernbetätigung

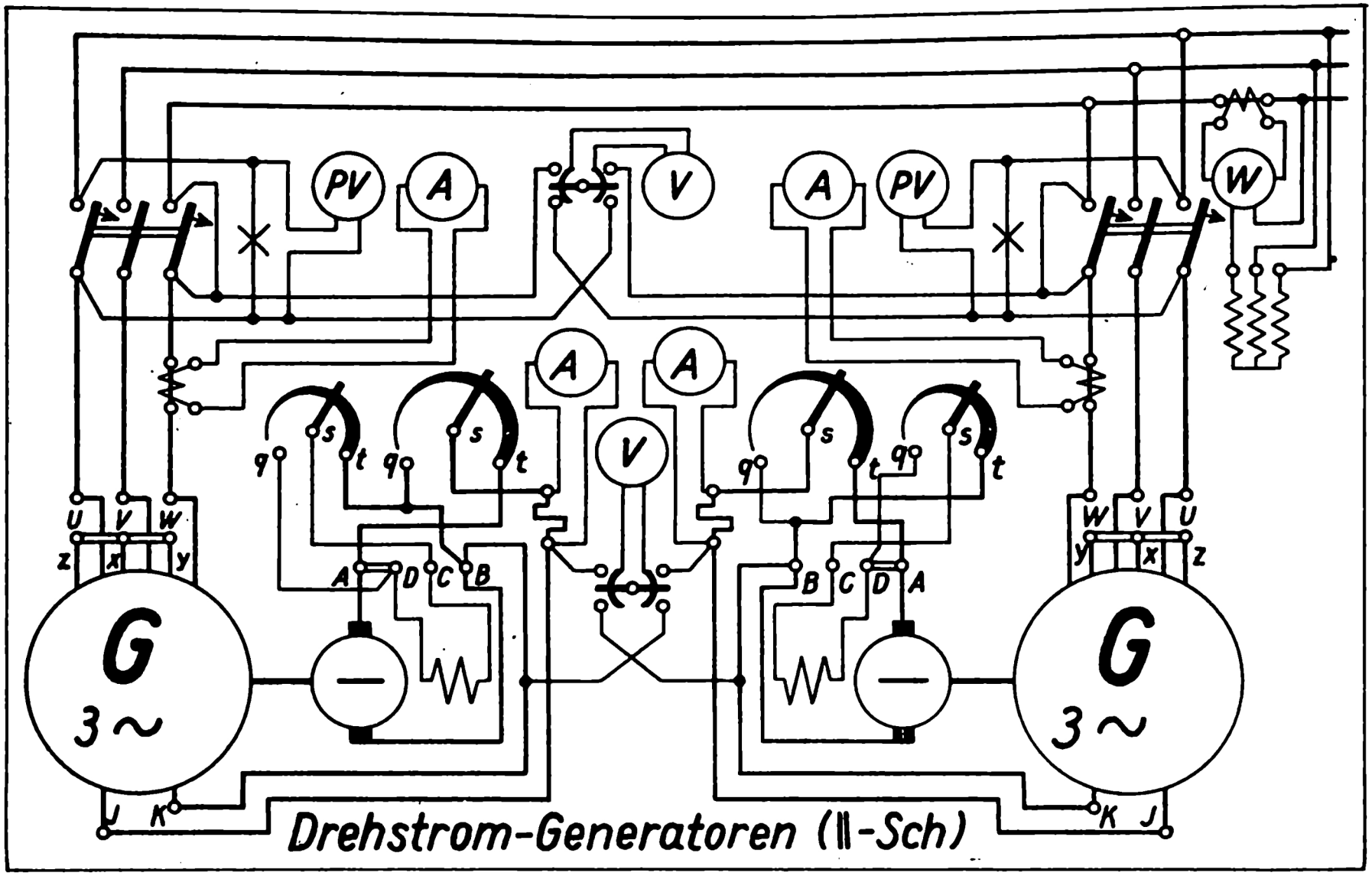
Stromwächterschaltung



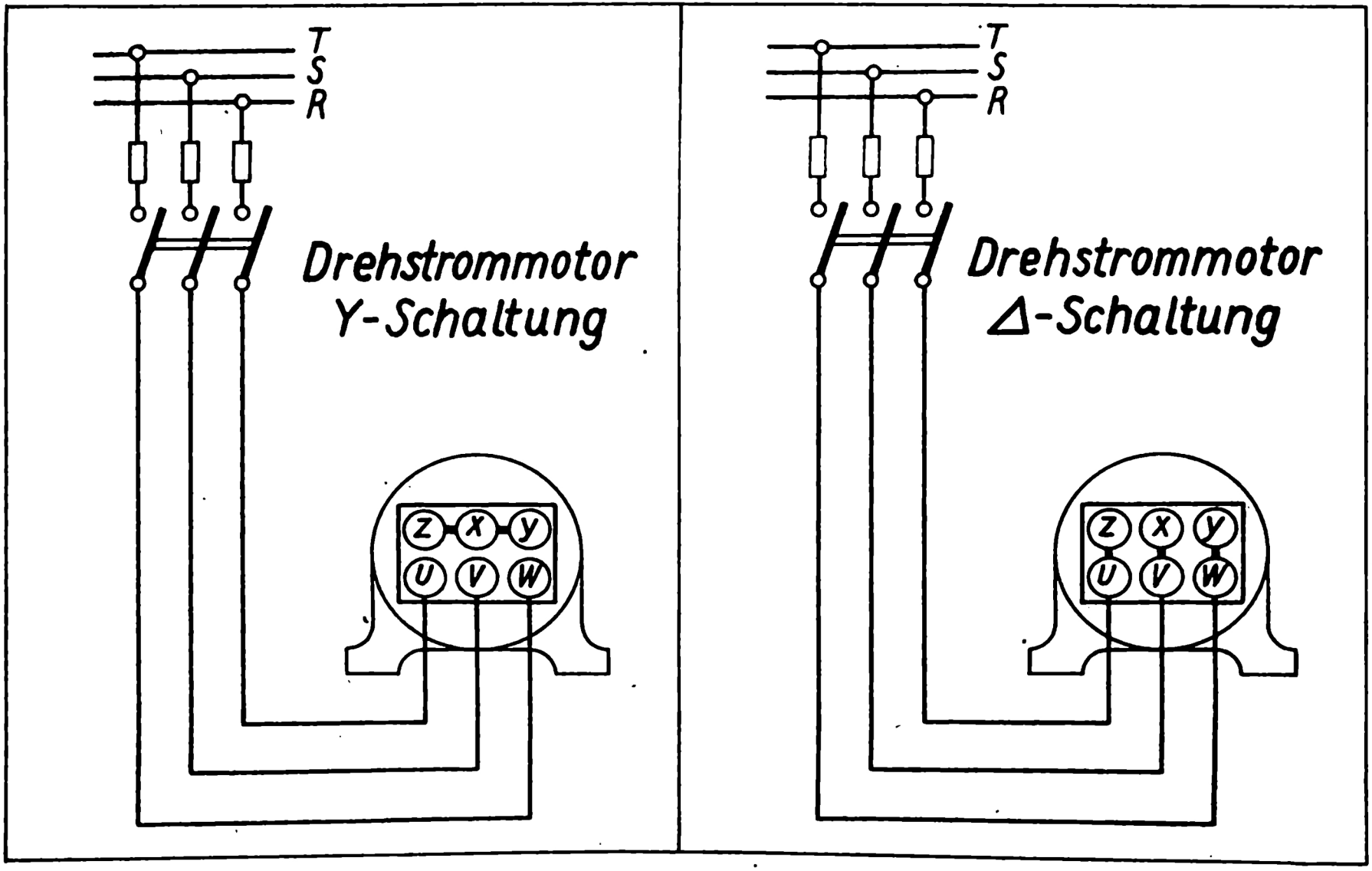
W_1 u. W_2 sind Stromwächter, die die Kontakte K_1 u. K_2 bei Normalstrom schließen.
Mittels Walzenanlasser WA werden die Schützen I, II u. III geschlossen.

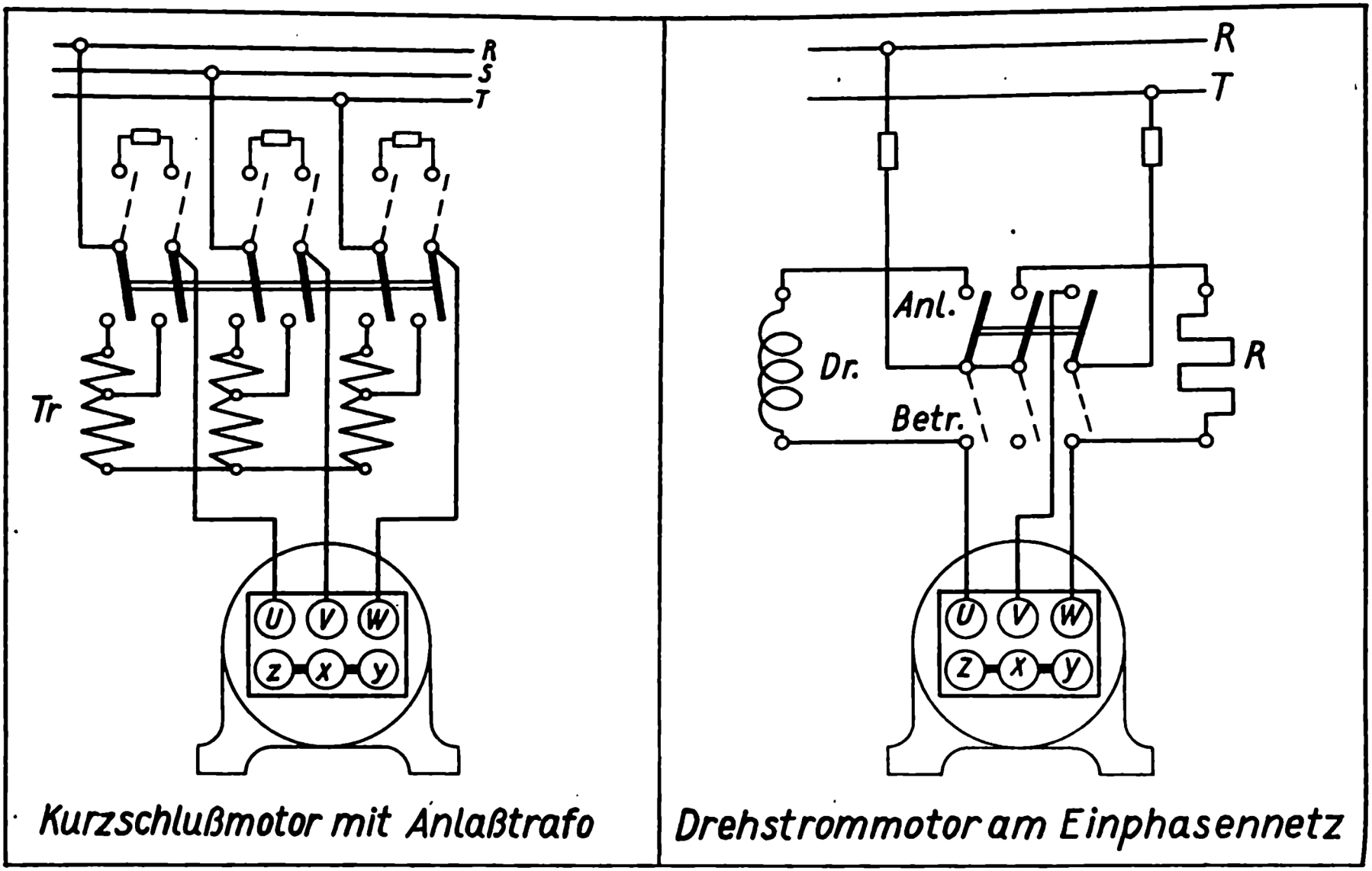


Klein-Motoren-
Anlagen für
beide Drehrichtungen



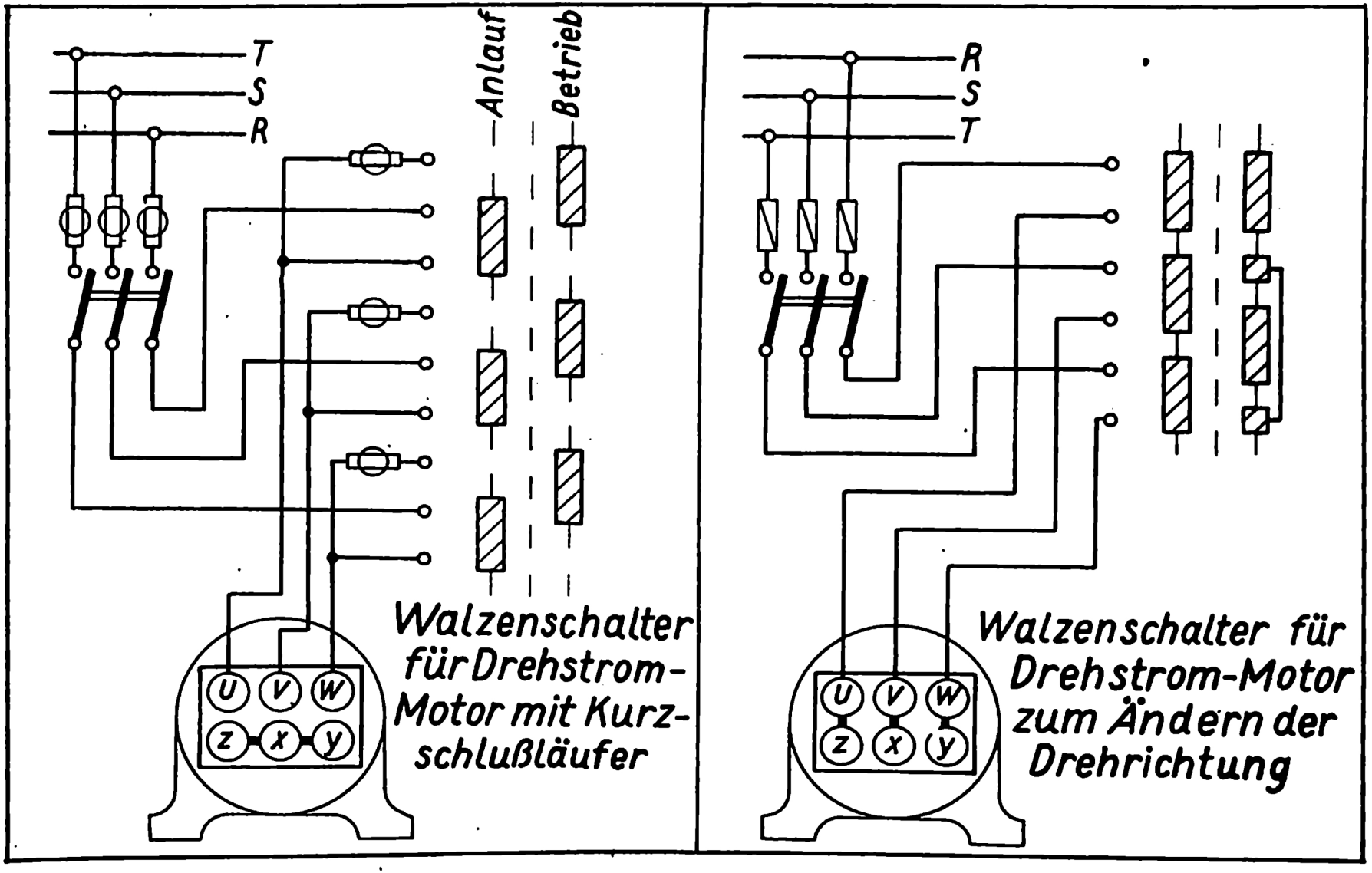
Drehstrom-Generatoren (II-Sch)


T
S
R
Drehstrommotor
Y-Schaltung
Z
X
Y
U
V
W
T
S
R
Drehstrommotor
Δ-Schaltung
Z
X
Y
U
V
W

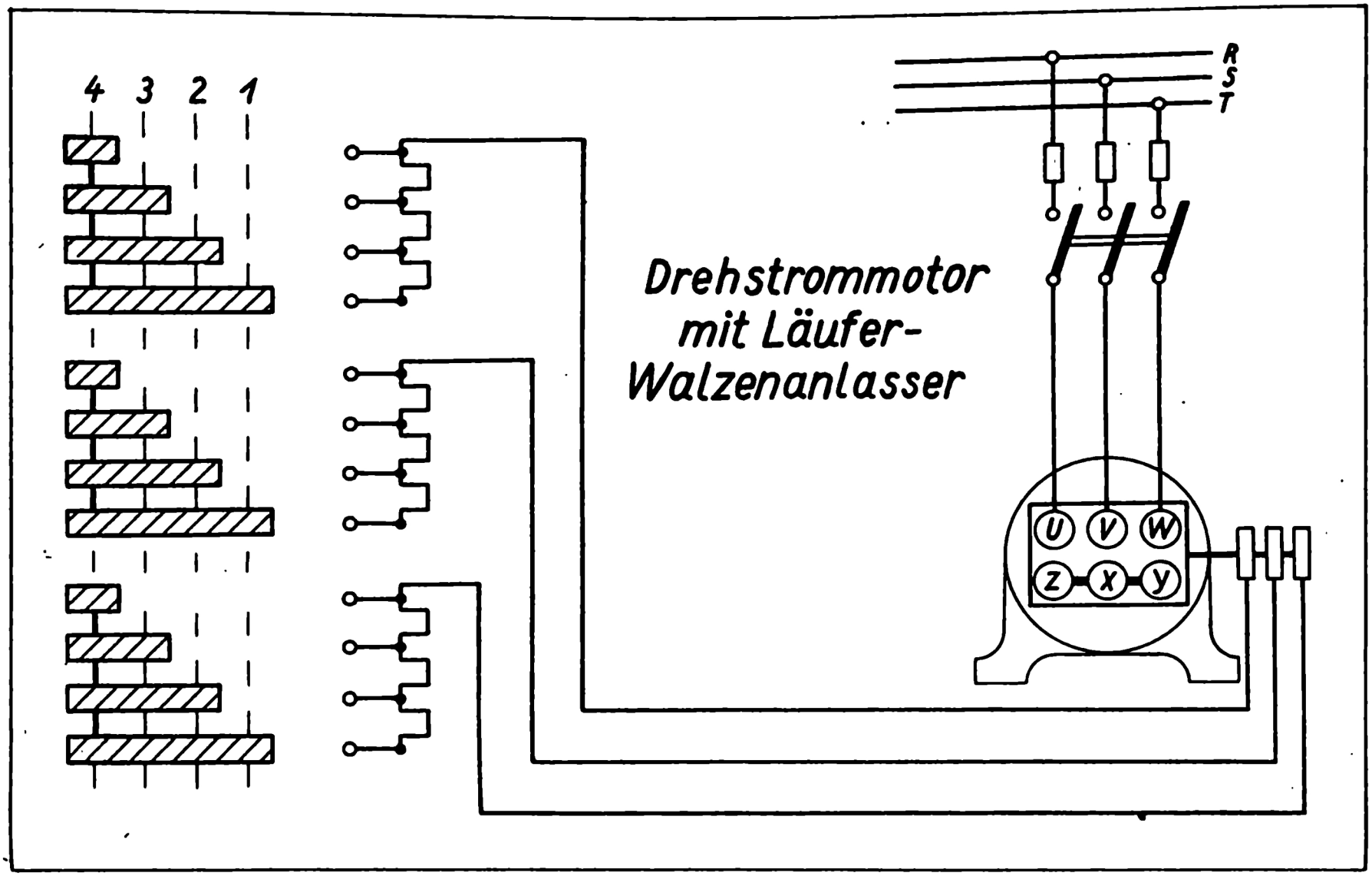


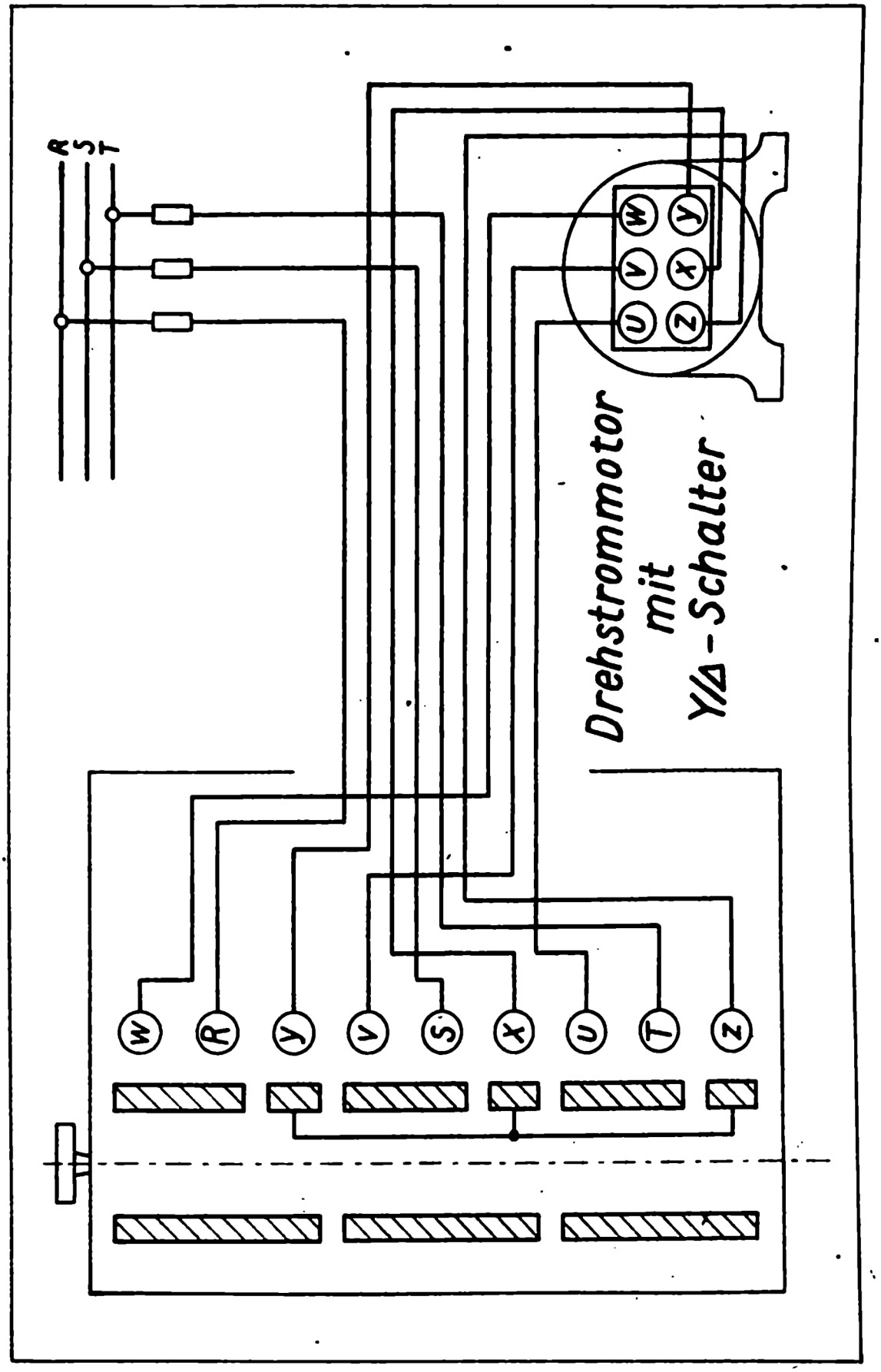
Kurzschlußmotor mit Anlaßtrafo

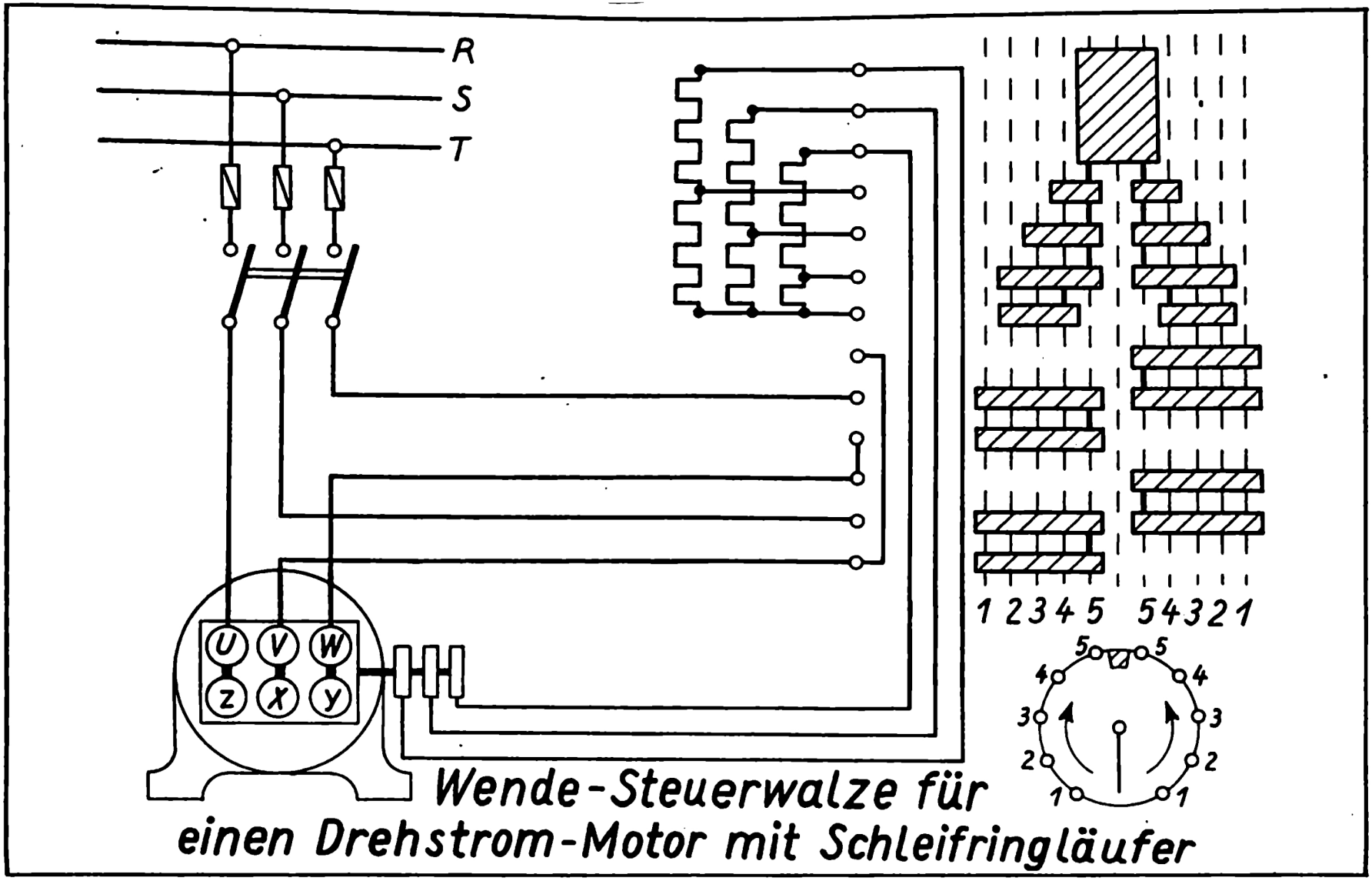
Drehstrommotor am Einphasennetz


T
S
R
Anlauf
Betrieb
U
V
W
z
x
y
Walzenschalter für Drehstrom-Motor mit Kurzschlußläufer
R
S
T
U
V
W
z
x
y
Walzenschalter für Drehstrom-Motor zum Ändern der Drehrichtung

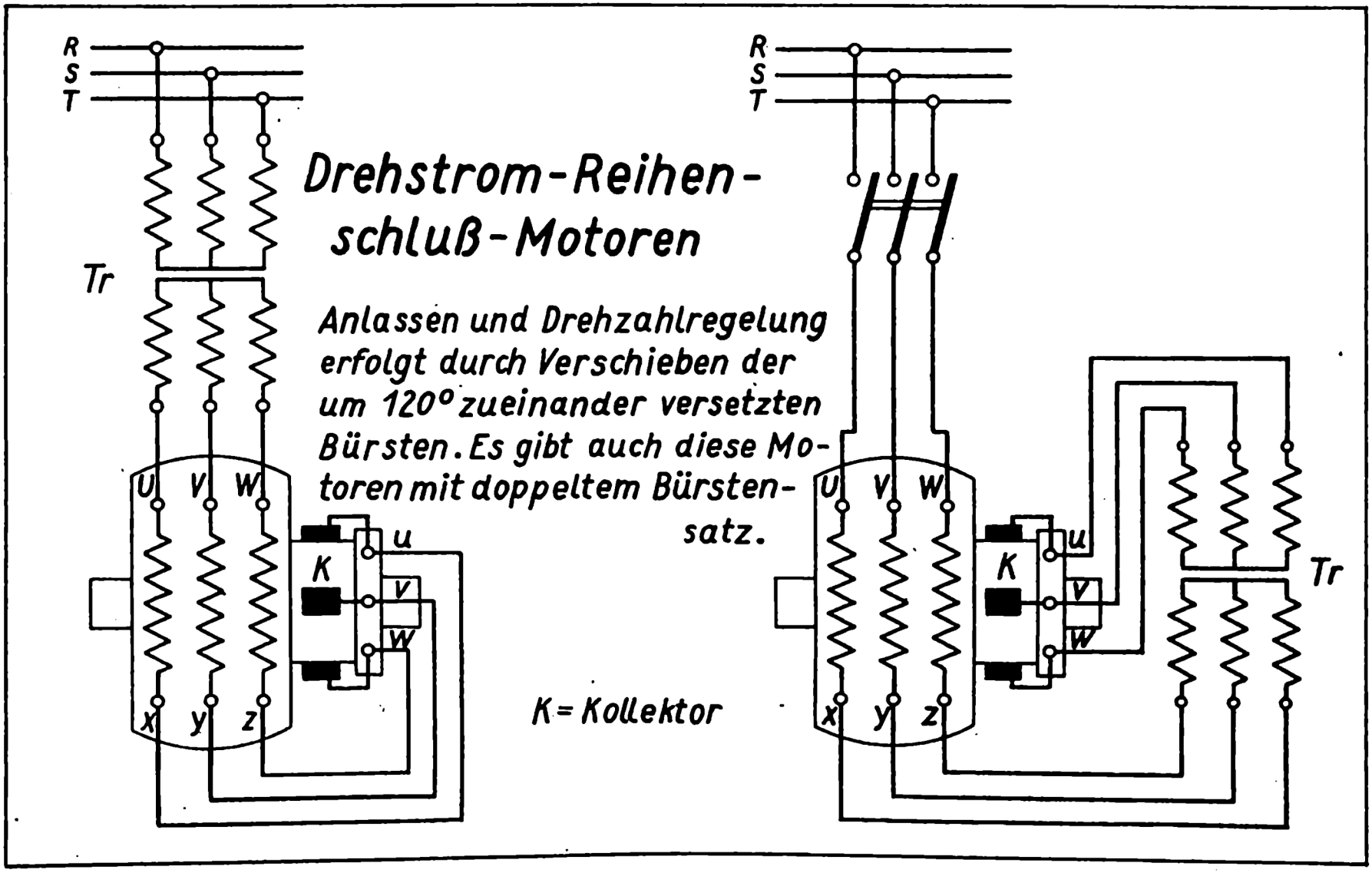
06

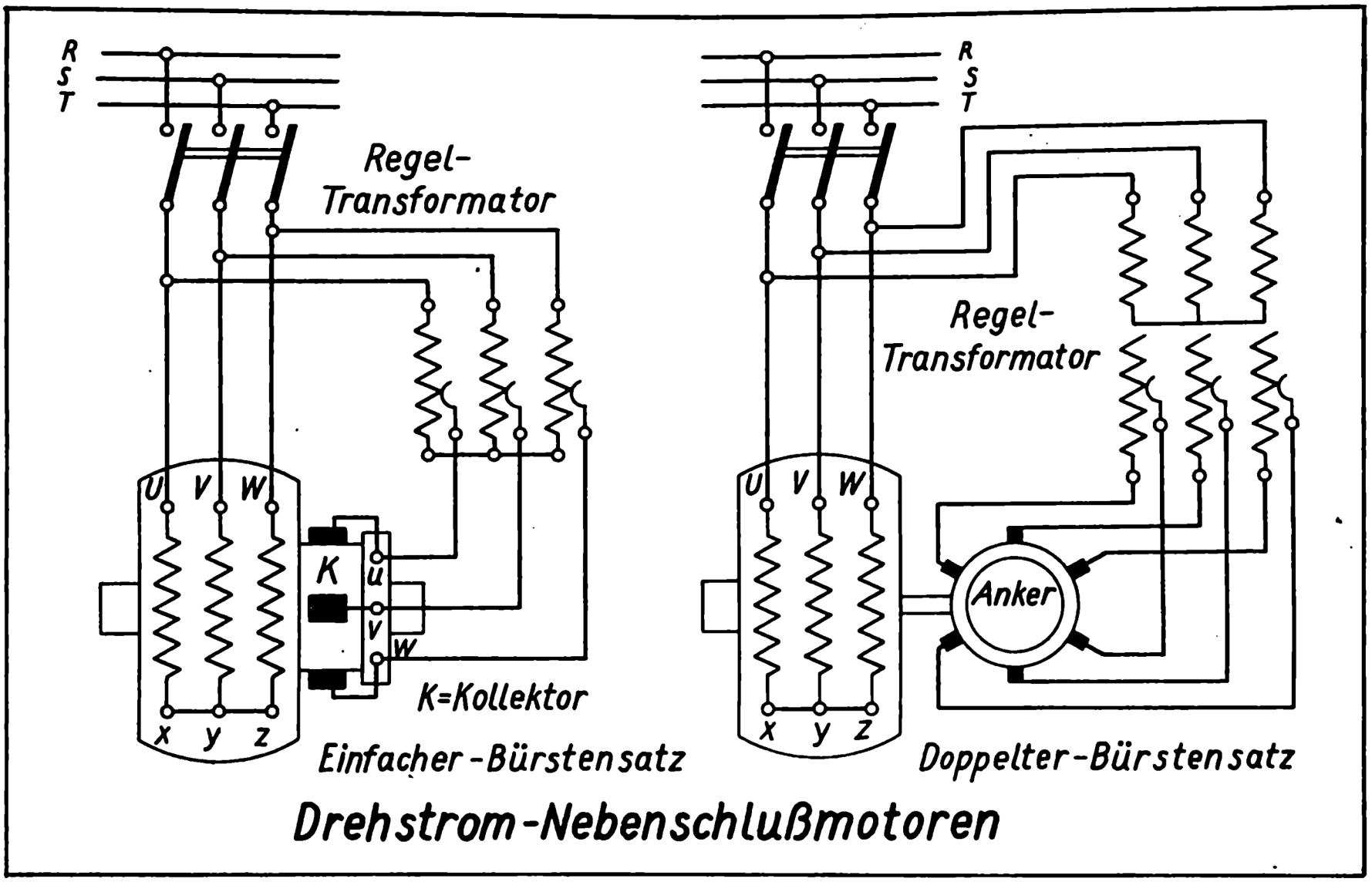

4 3 2 1
R
S
T
Drehstrommotor
mit Läufer-
Walzenanlasser
U V W
Z X Y


R
S
T
W
V
U
y
x
z
Drehstrommotor
mit
Y/Δ-Schalter
W
R
Y
V
S
X
U
T
Z

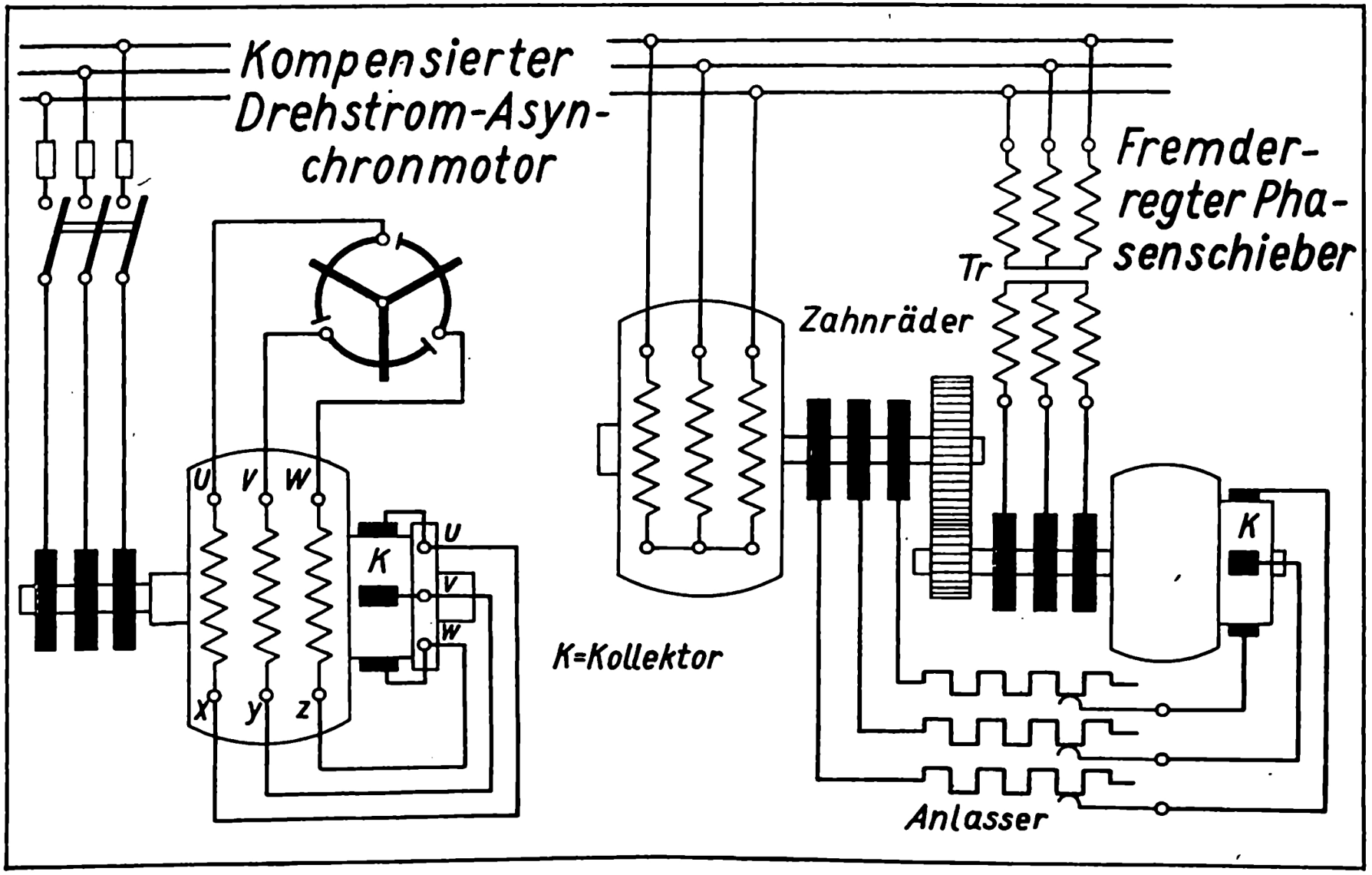


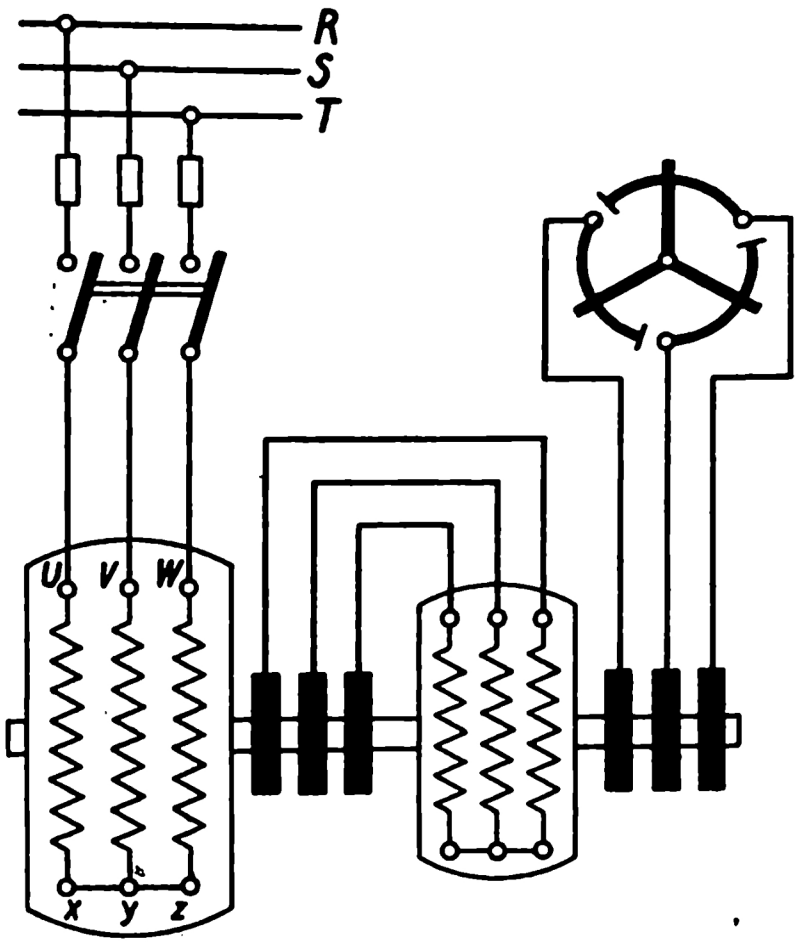
Wende-Steuerwalze für einen Drehstrom-Motor mit Schleifringläufer


R
S
T
Tr
U
V
W
x
y
z
K
u
v
w
Drehstrom-Reihen-
schluß-Motoren
Anlassen und Drehzahlregelung
erfolgt durch Verschieben der
um 120° zueinander versetzten
Bürsten. Es gibt auch diese Mo-
toren mit doppeltem Bürsten-
satz.
K = Kollektor

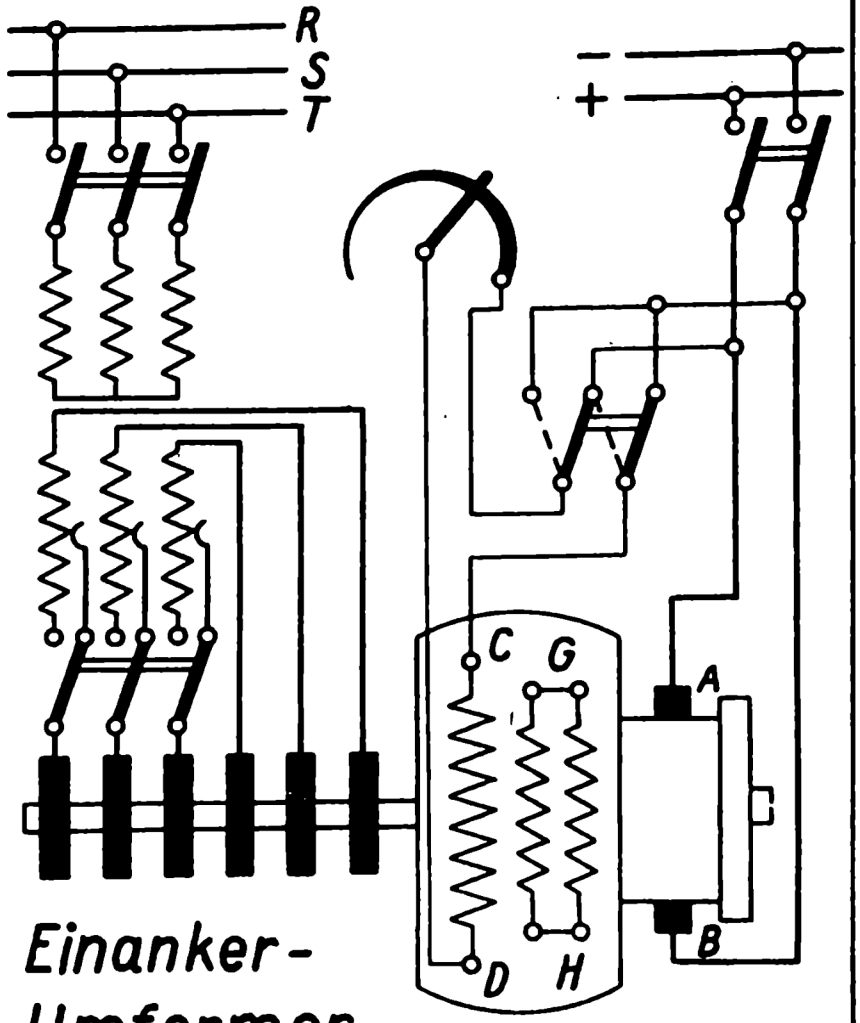


Drehstrom-Nebenschlußmotoren

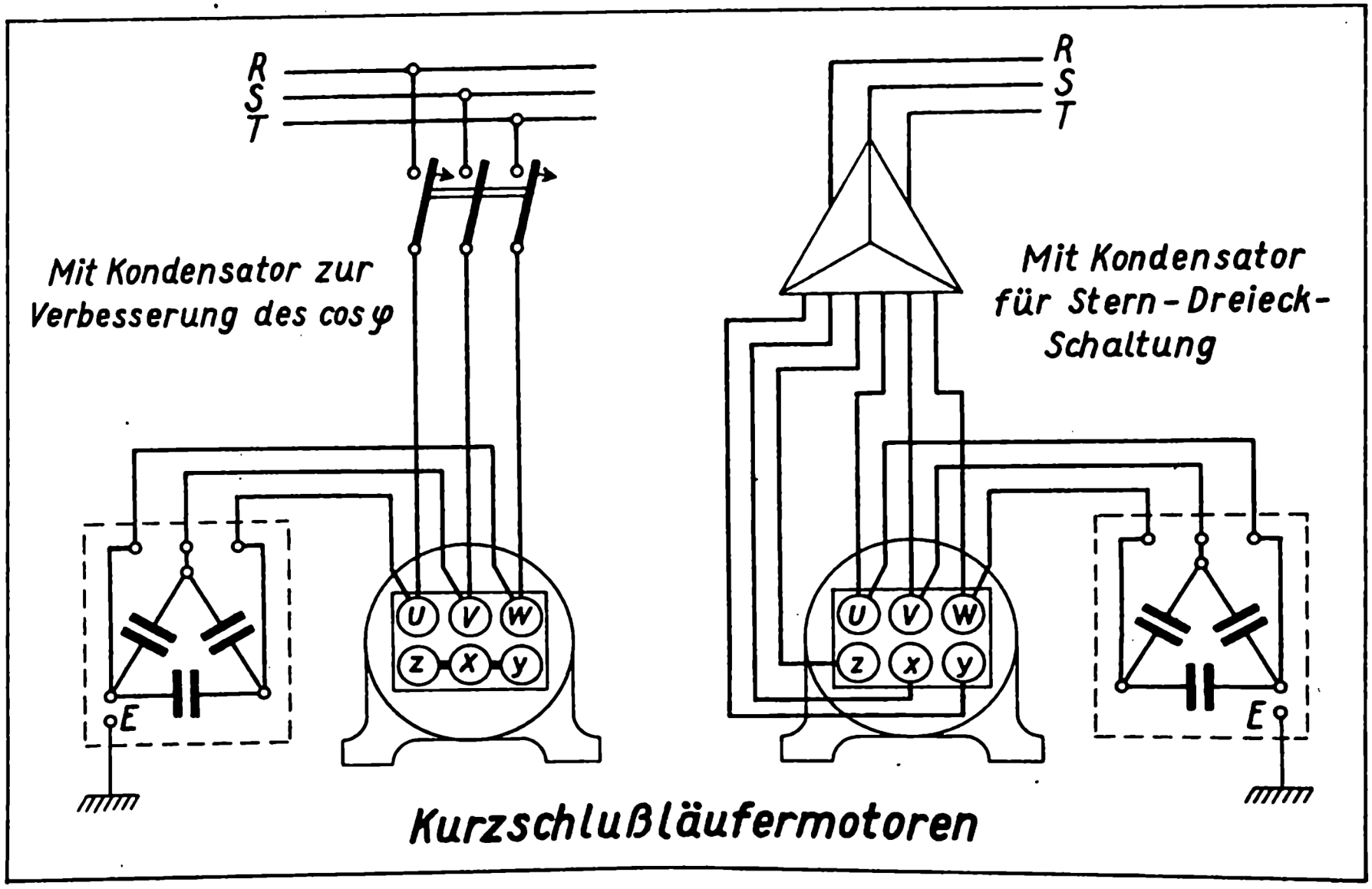

Kompensierter Drehstrom-Asynchronmotor
Fremderregter Phasenschieber
Tr
Zahnräder
U
V
W
K
u
v
w
x
y
z
K=Kollektor
Anlasser



Kaskadenschaltung

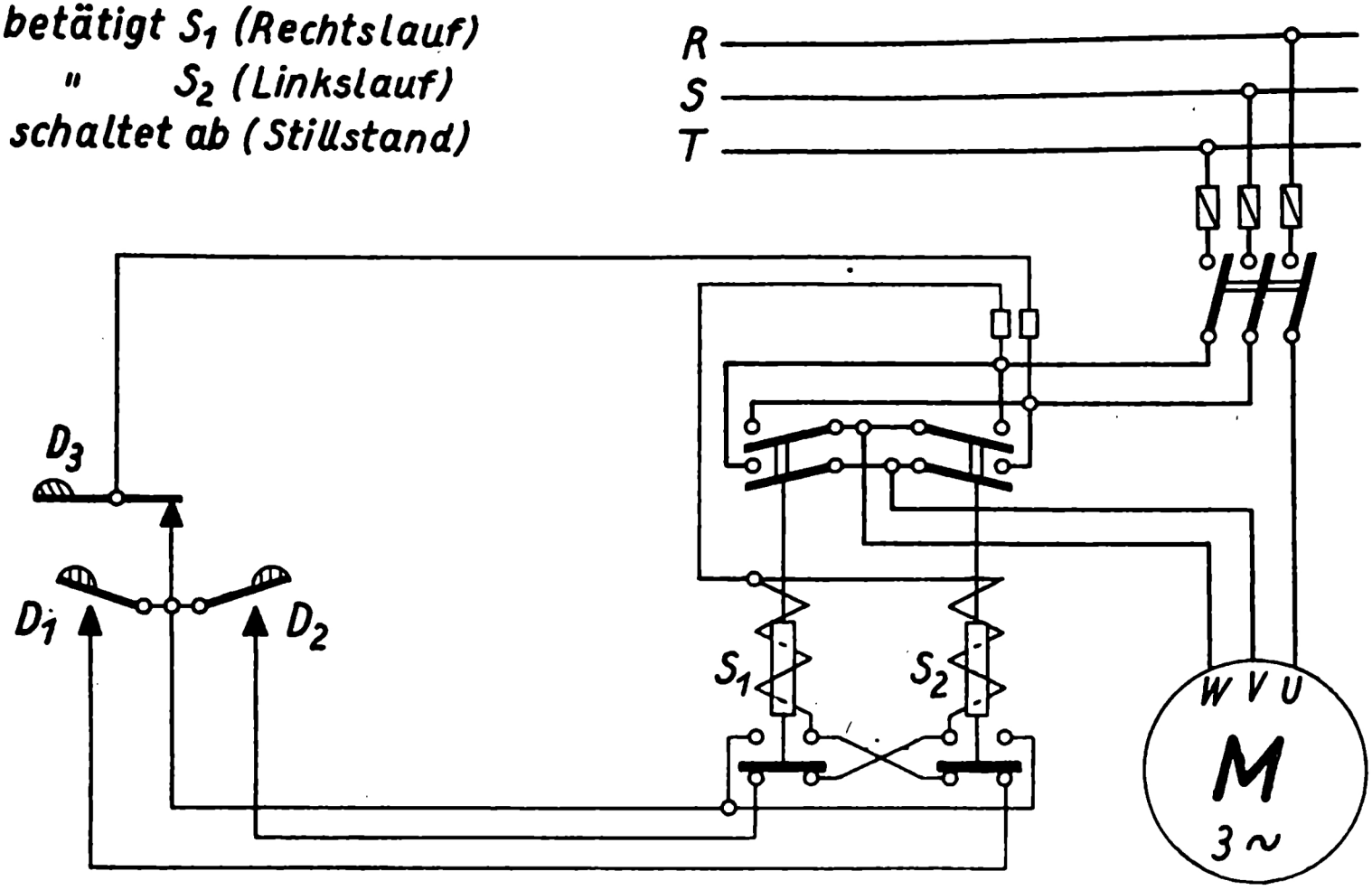


Einanker-
Umformer

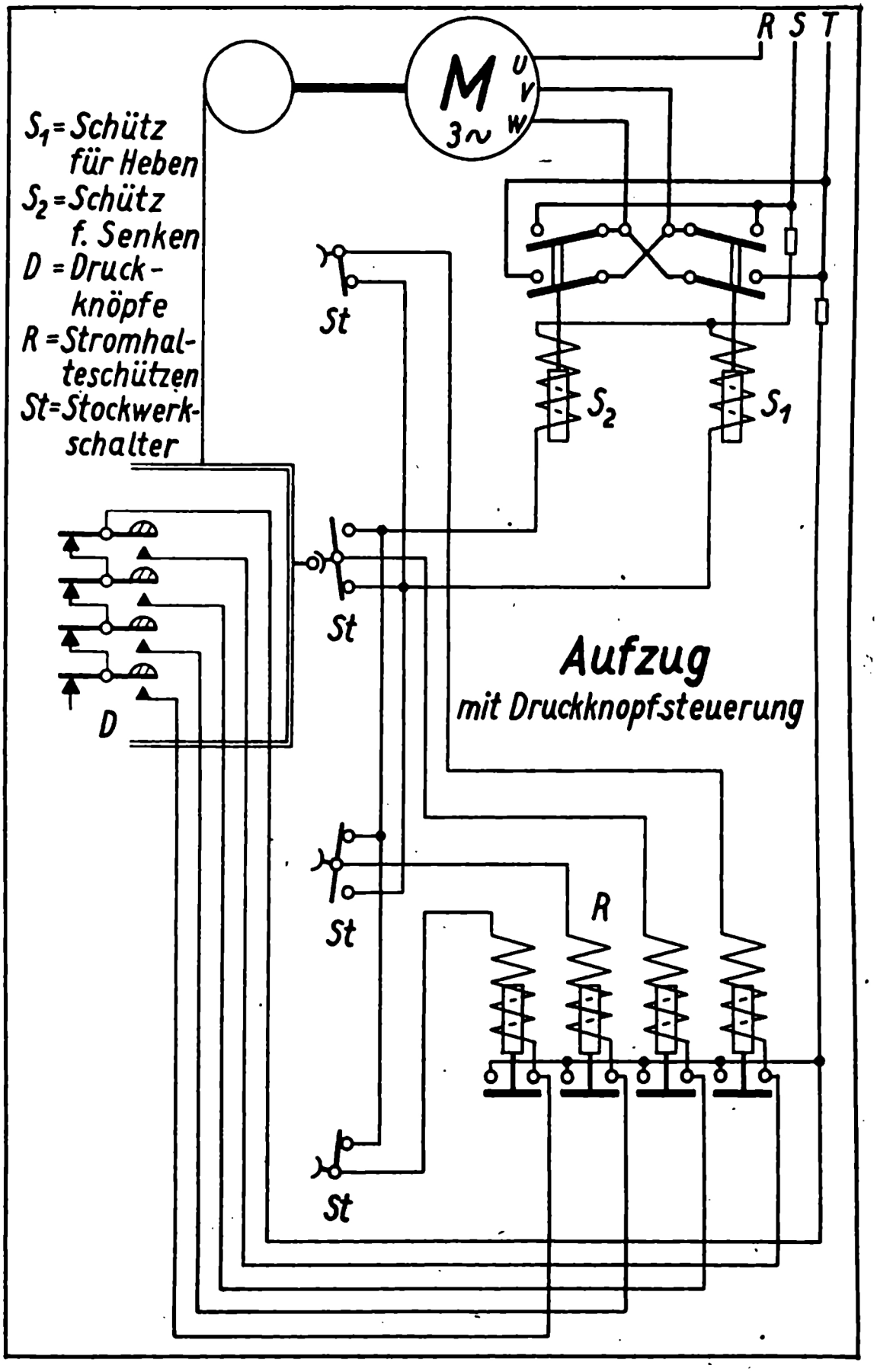


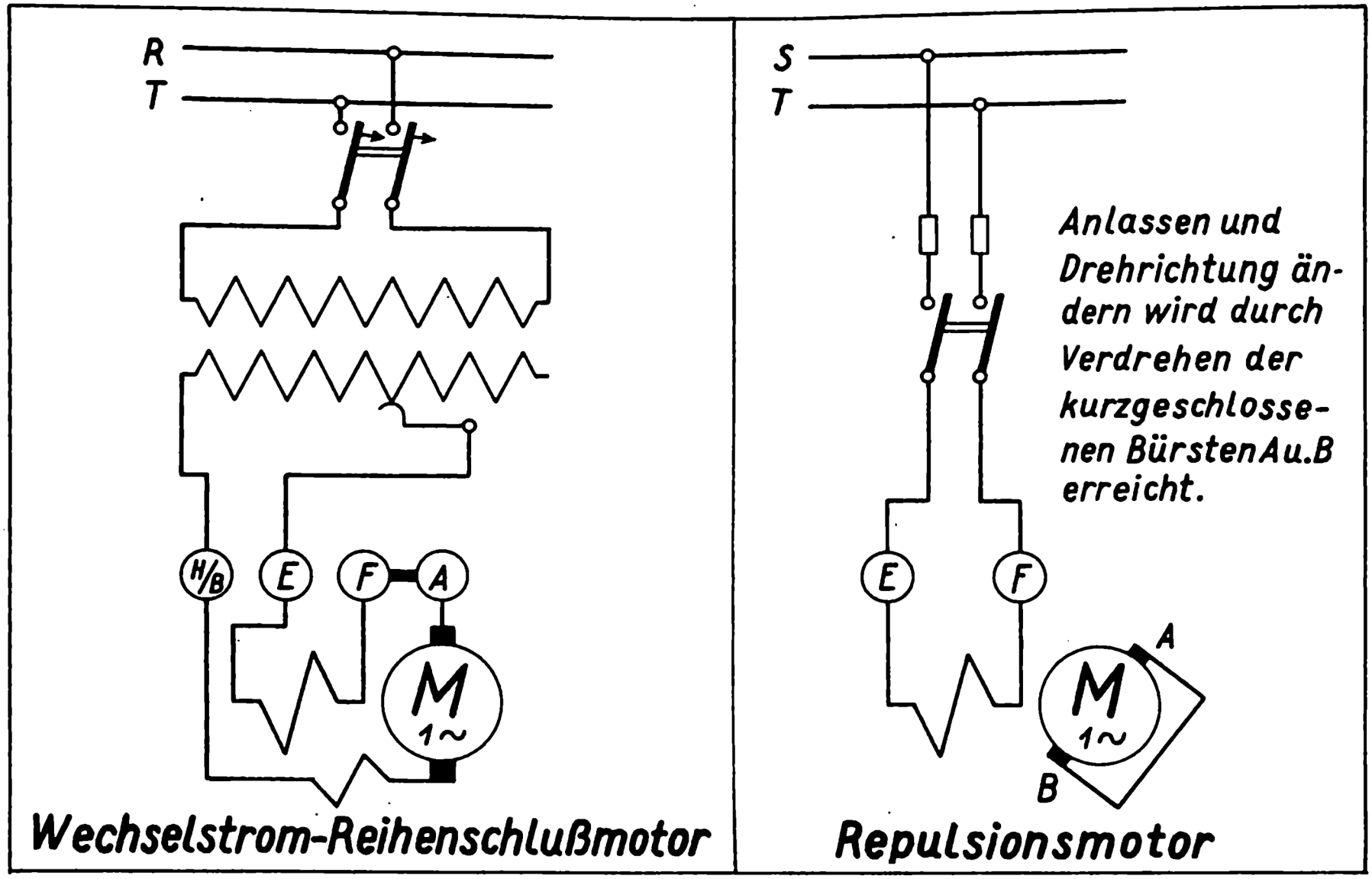
Kurzschlußläufermotoren

D_1 betätigt S_1 (Rechtslauf)
D_2 " S_2 (Linkslauf)
D_3 schaltet ab (Stillstand)



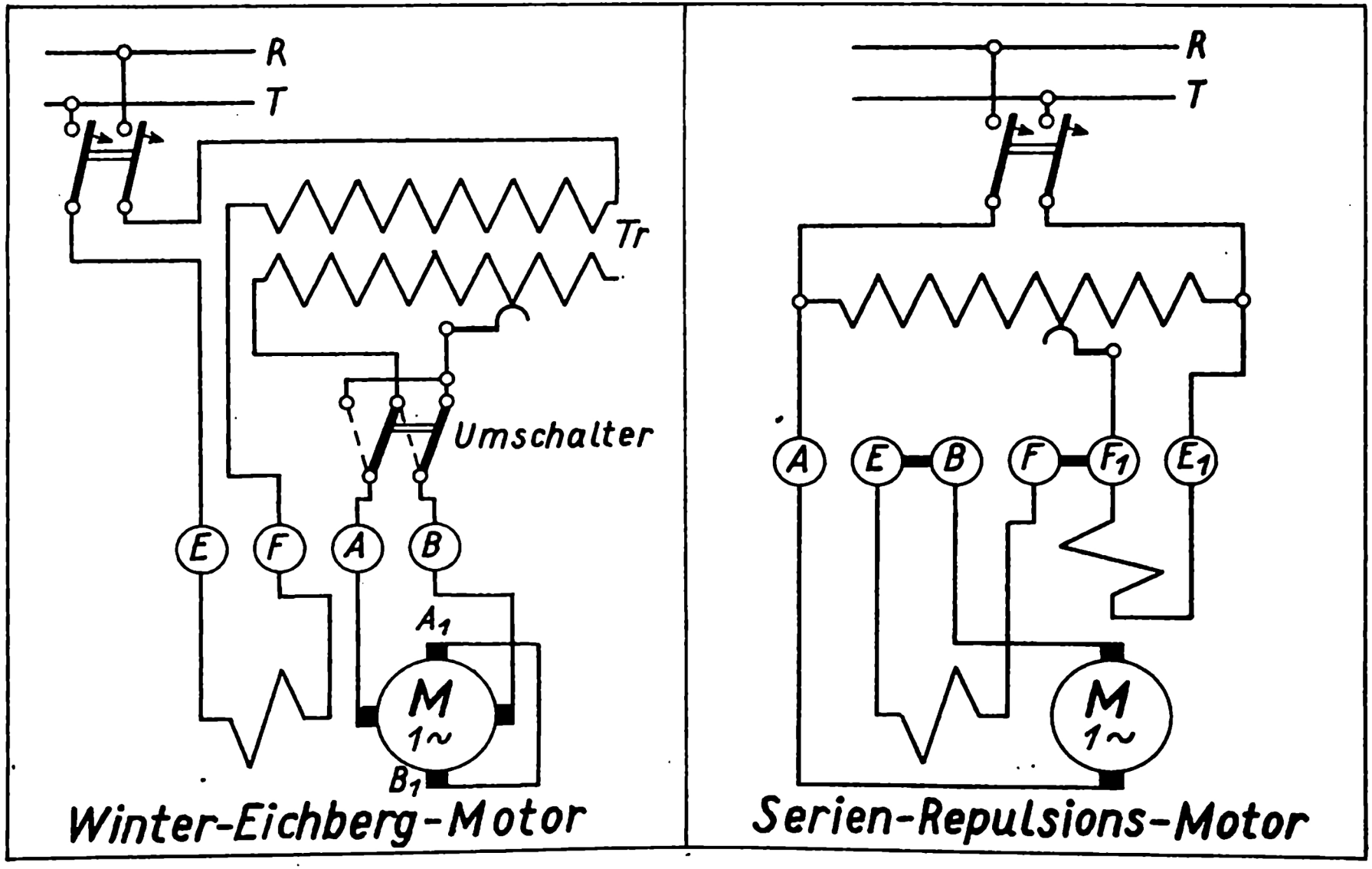
Ferngesteuerter Drehstrommotor für beide Drehrichtungen


R S T
M
U
V
W
3~
S1 = Schütz für Heben
S2 = Schütz f. Senken
D = Druck-knöpfe
R = Stromhal-teschützen
St = Stockwerk-schalter
St
St
St
St
S2
S1
D
R
Aufzug
mit Druckknopfsteuerung

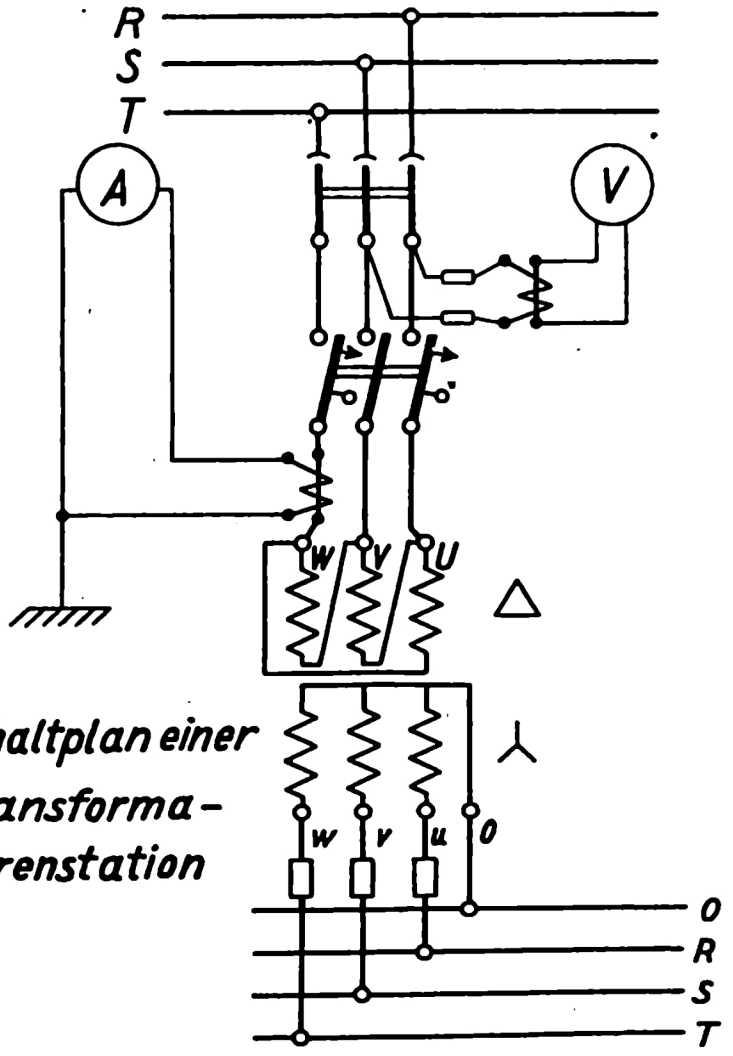


Wechselstrom-Reihenschlußmotor

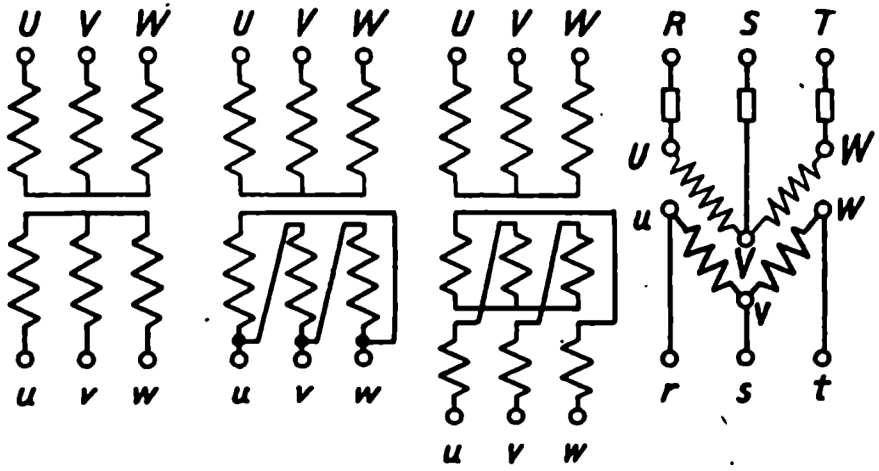
Repulsionsmotor


R
T
Tr
Umschalter
E
F
A
B
A1
M
1~
B1
Winter-Eichberg-Motor
R
T
A
E
B
F
F1
E1
M
1~
Serien-Repulsions-Motor

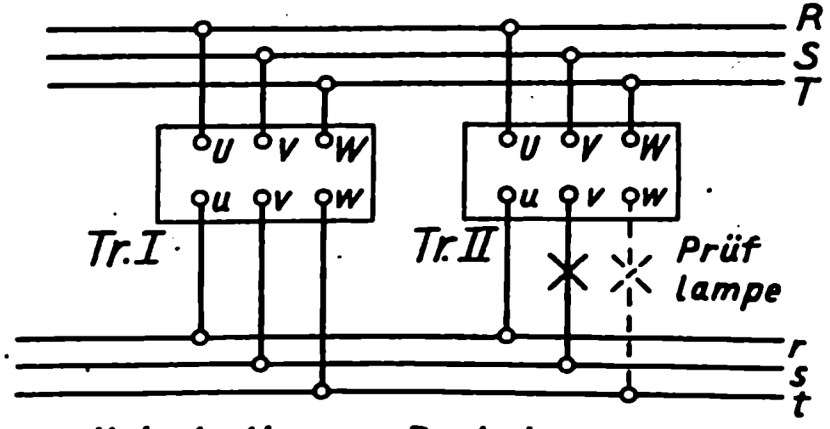
R
T
A u. B = feste Bürsten,
A1 u. B1 = bewegliche
Bürsten.
F
E
A1
B
M
1~
B1
A
Deri-Motor
R
S
F1
E1
F
E
M
1~
Thomson-Motor mit 2 Wicklungen



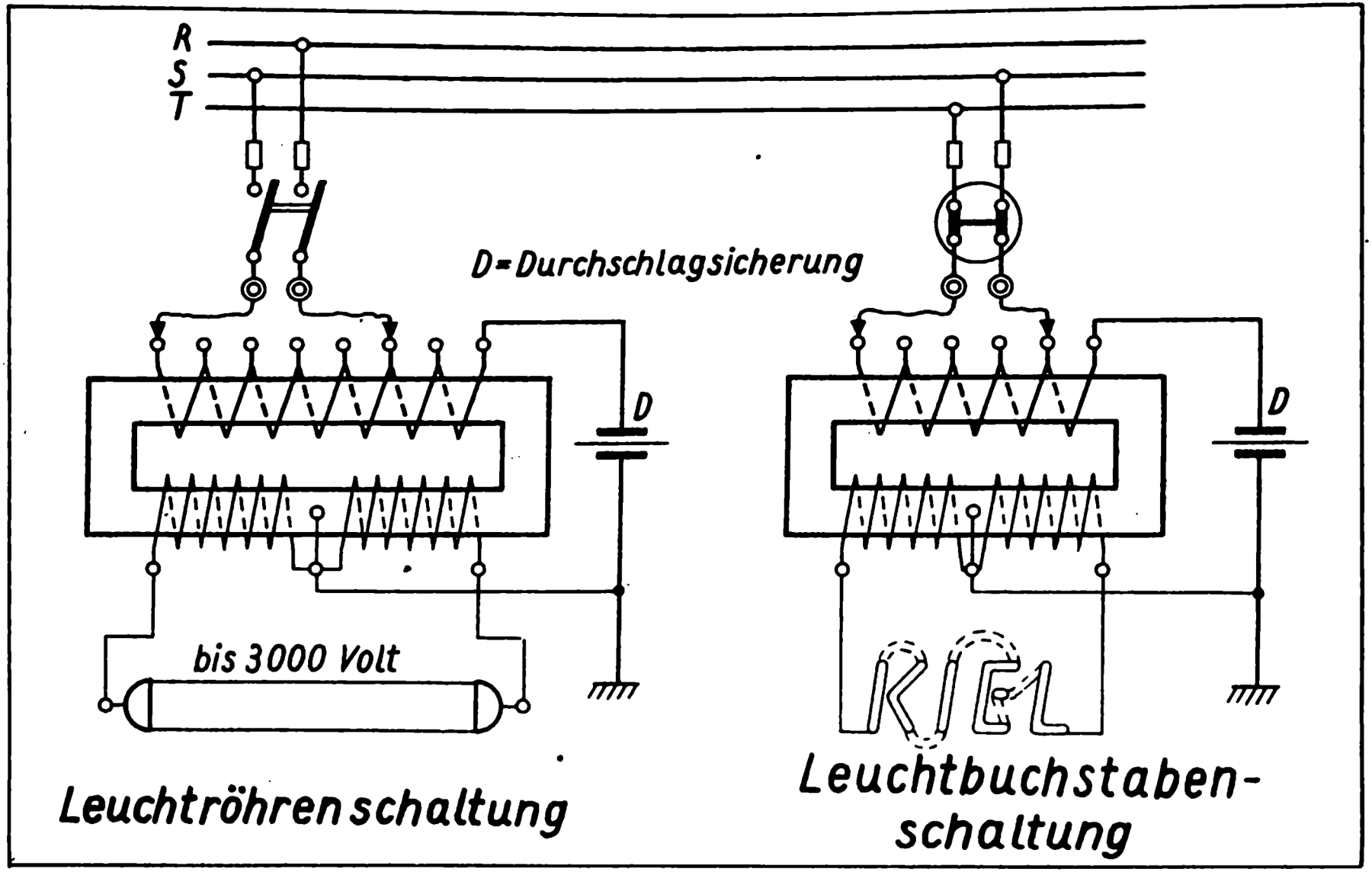
Schaltplan einer Transformatorenstation



Stern-Dreieck-Zickzack-V-Schaltung



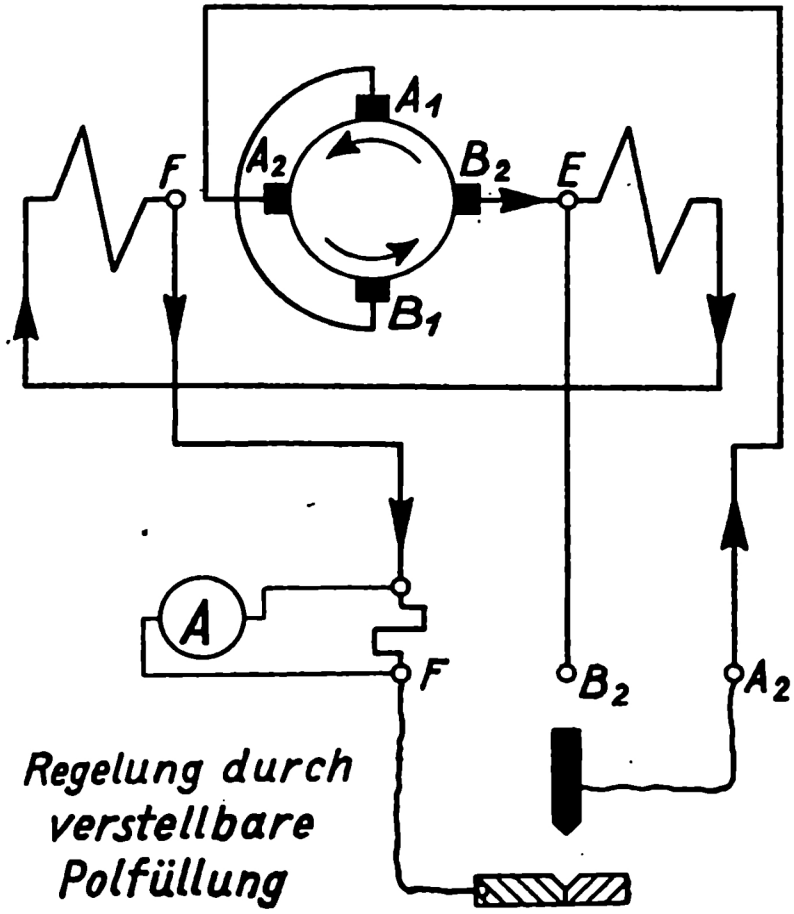
Parallelschalten von Drehstrom-Transformatoren



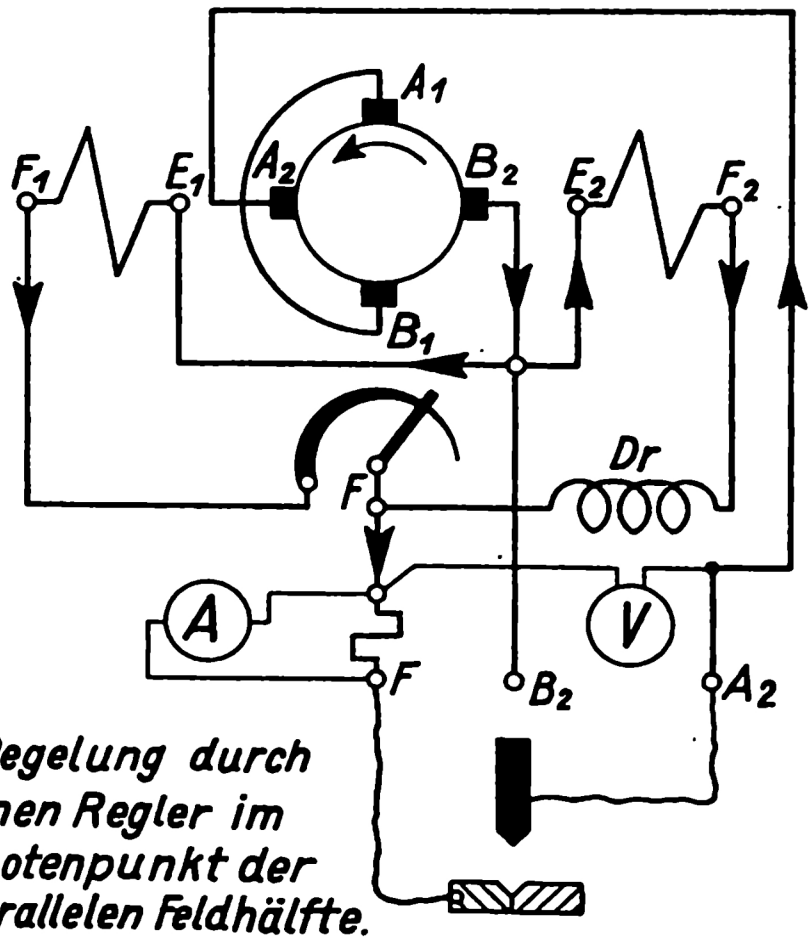
Leuchtröhrenschaltung

Leuchtbuchstaben-schaltung

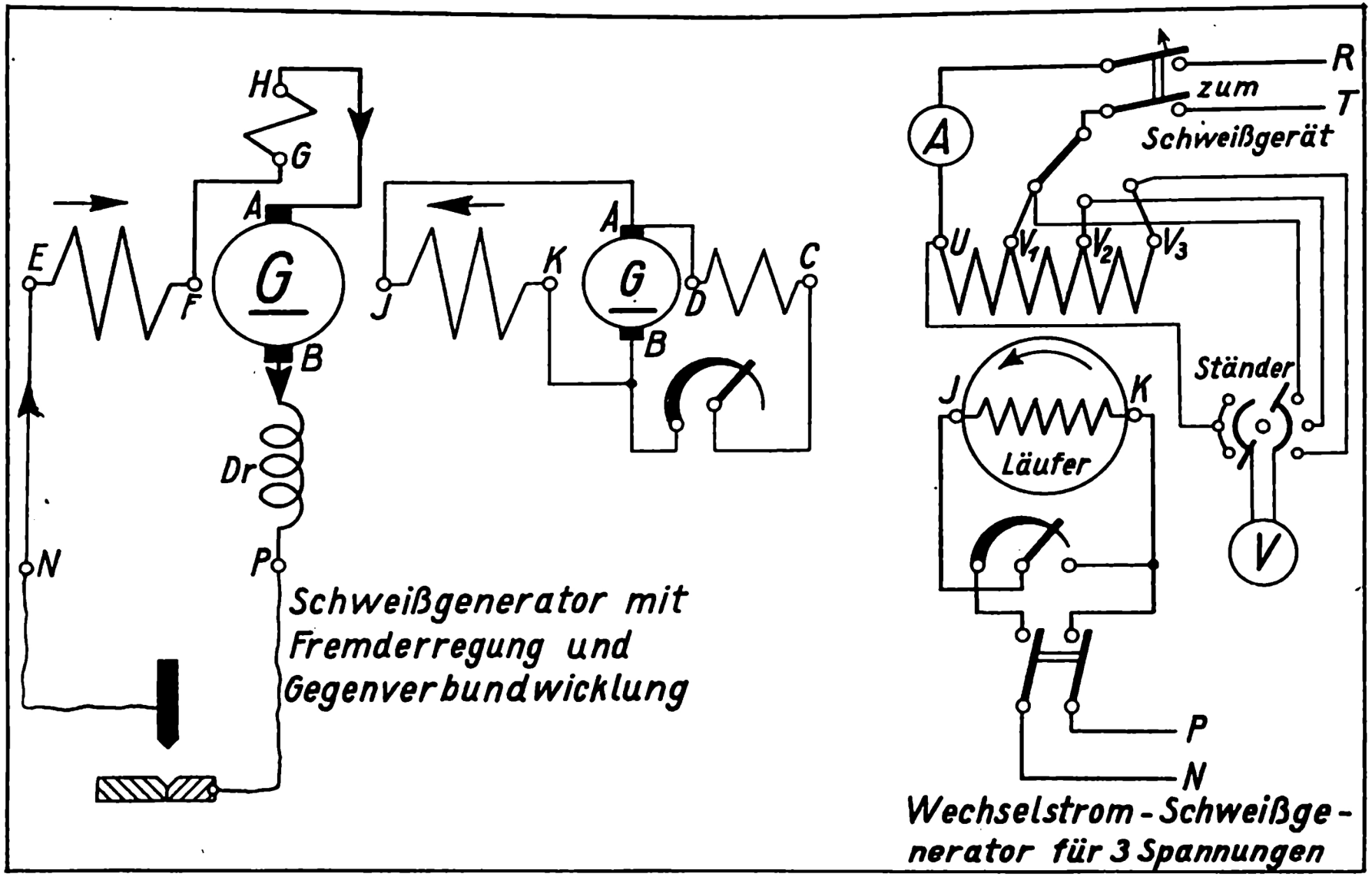
Rosenberg-Schweiß-Generatoren

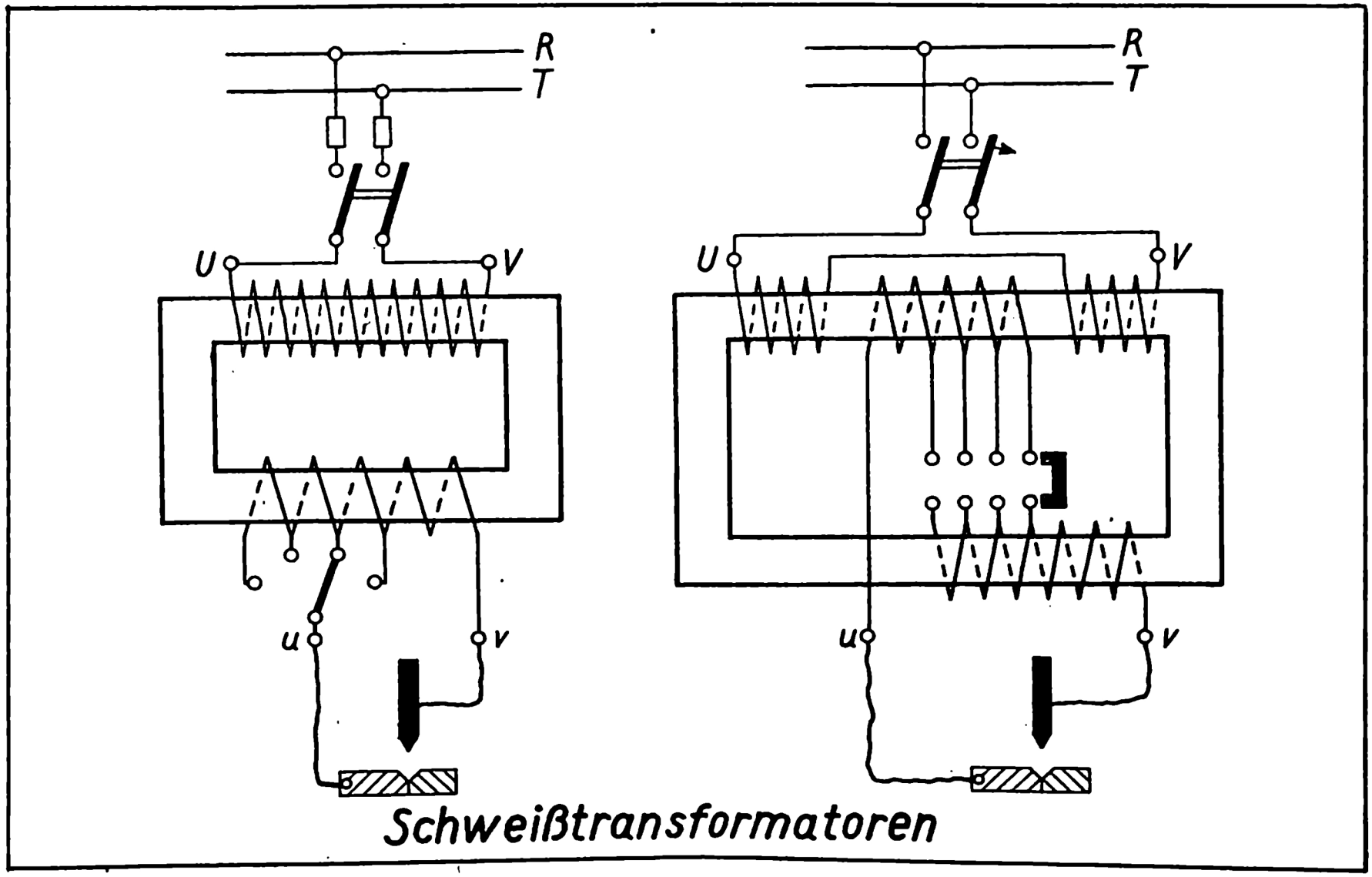


Regelung durch verstellbare Polfüllung

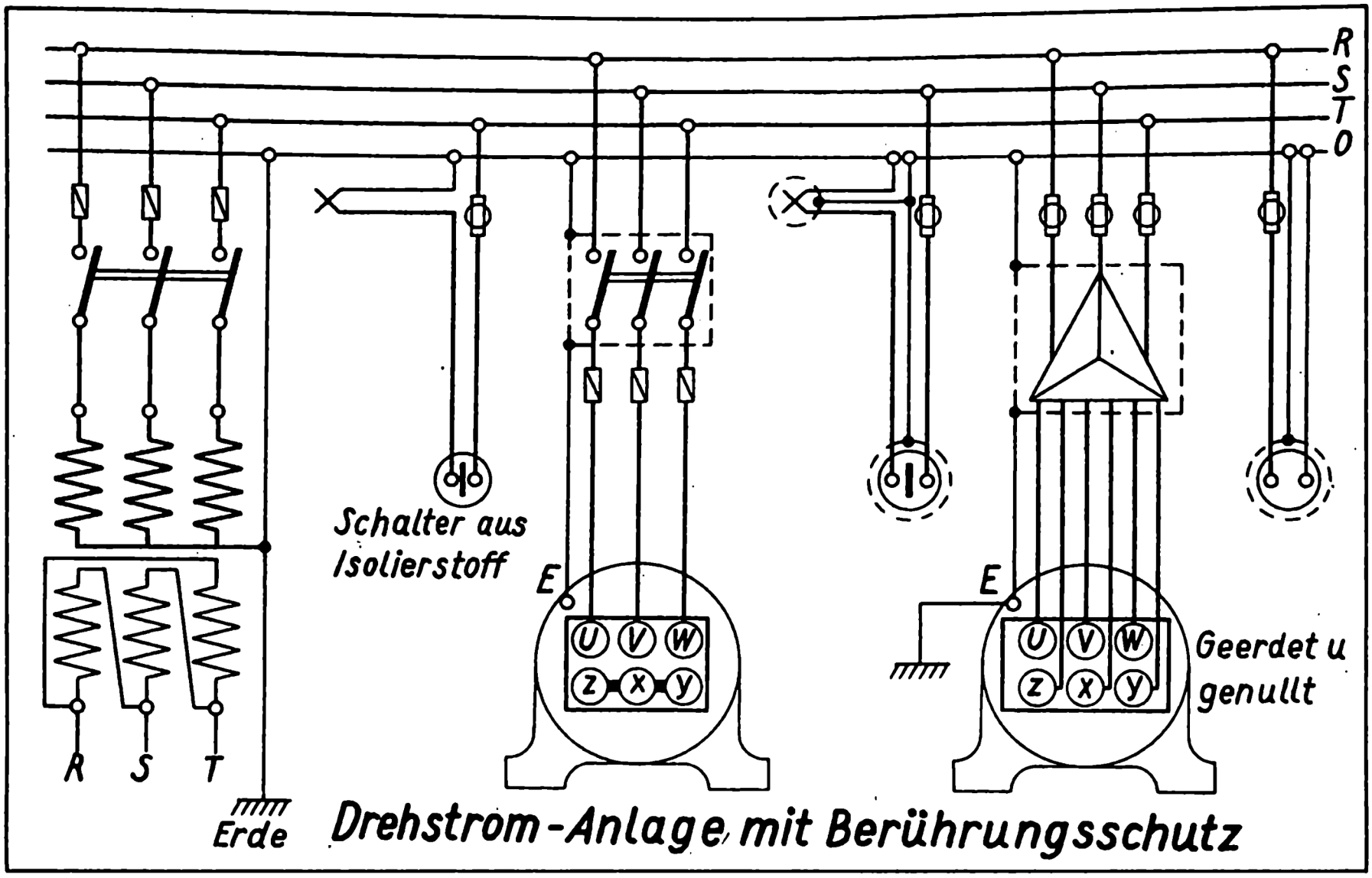


Regelung durch einen Regler im Knotenpunkt der parallelen Feldhälfte.

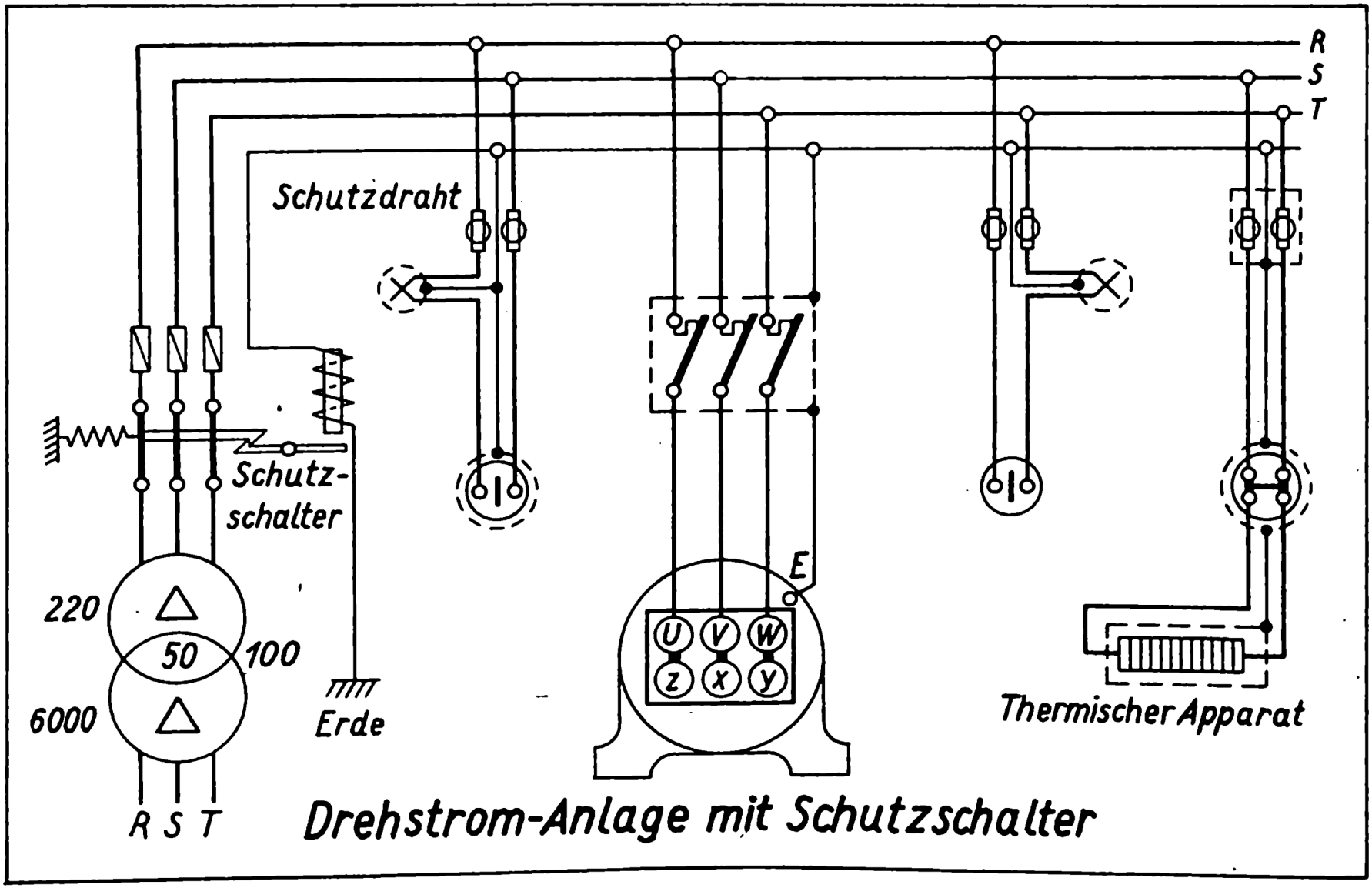

H
G
A
E
F
G
B
Dr
N
P
J
K
A
G
B
D
C
Schweißgenerator mit
Fremderregung und
Gegenverbundwicklung
A
R
zum
T
Schweißgerät
U
V1
V2
V3
Ständer
J
K
Läufer
V
P
N
Wechselstrom-Schweißge-
nerator für 3 Spannungen



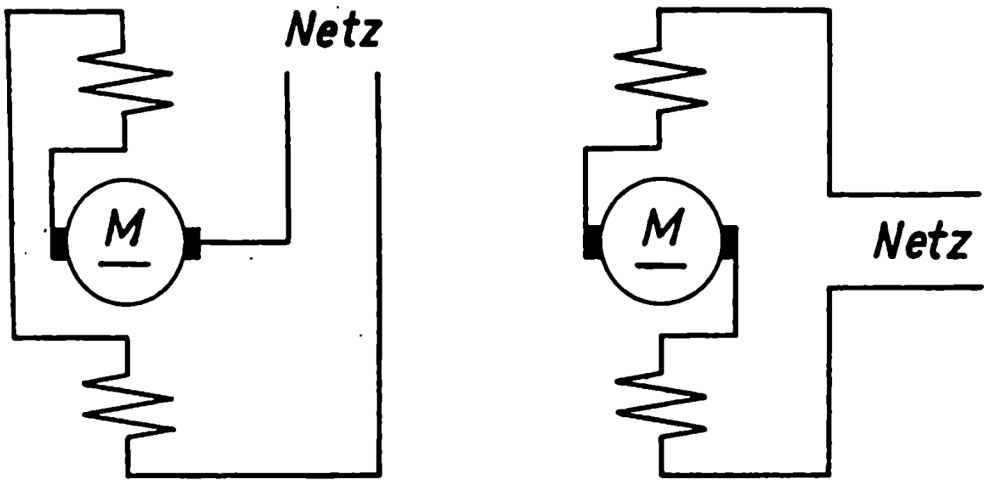
Schweißtransformatoren



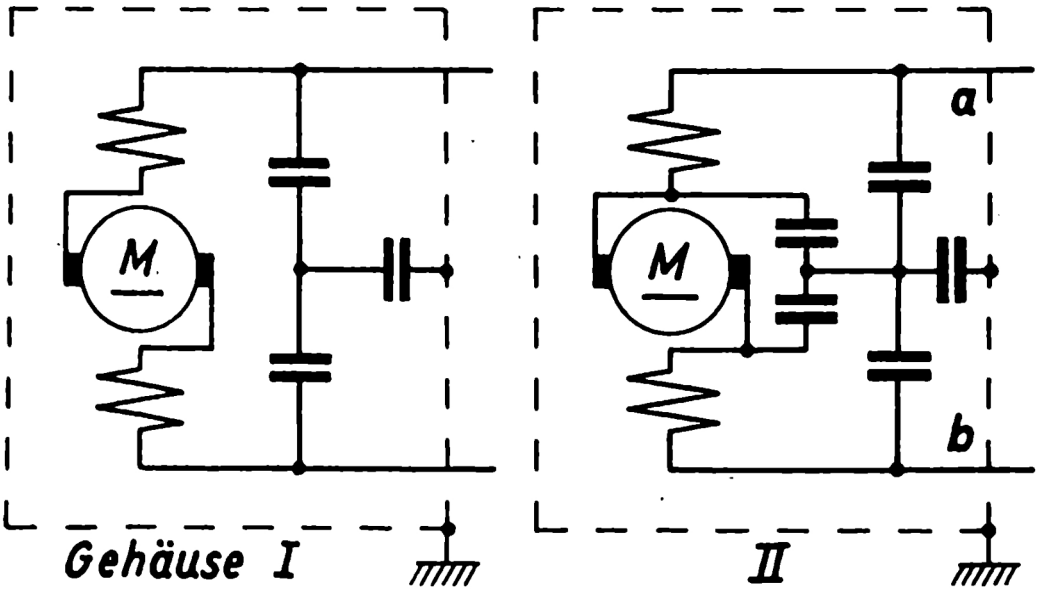
Drehstrom-Anlage mit Berührungsschutz



Drehstrom-Anlage mit Schutzschalter

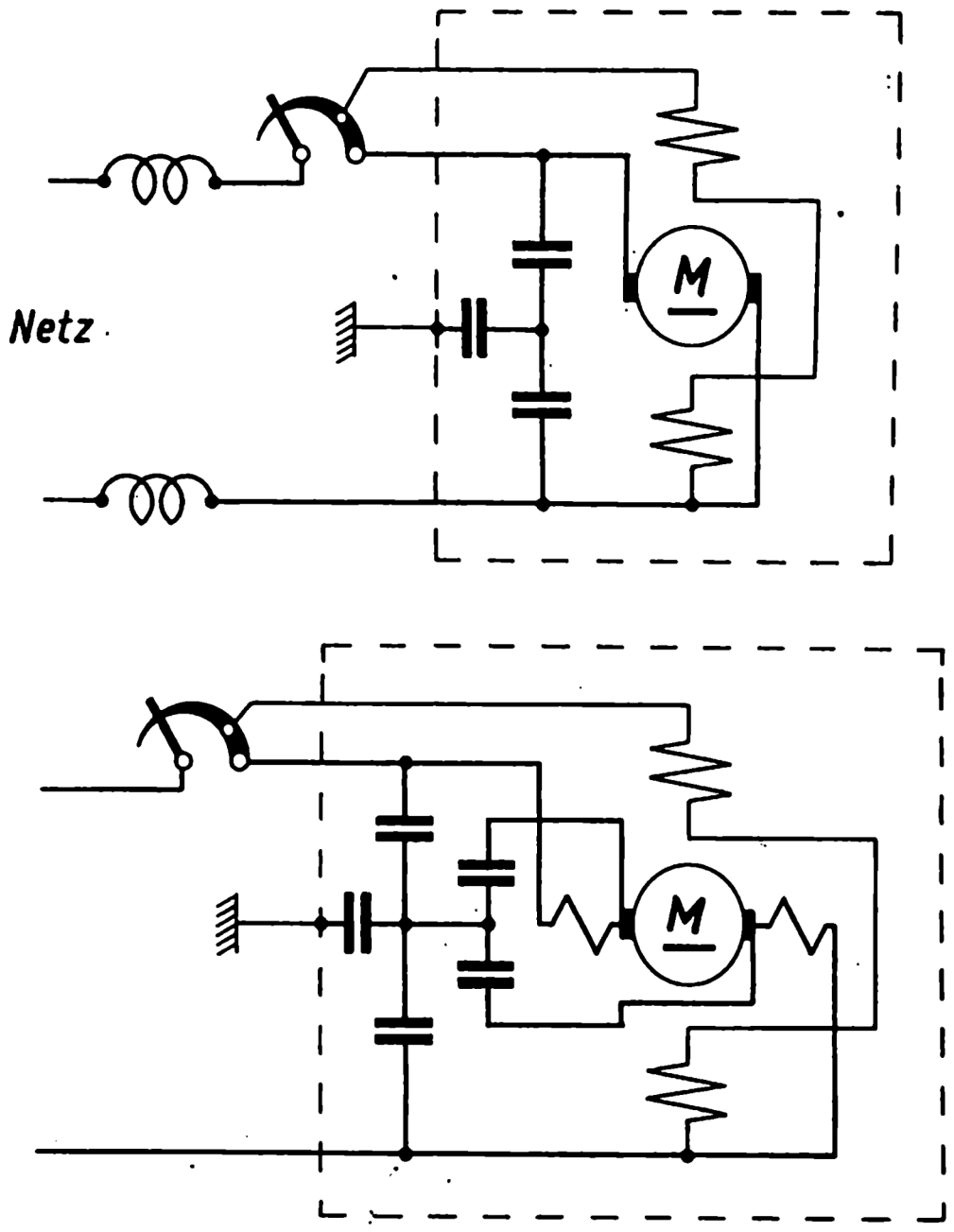


Unsymmetrische und symmetrische Schaltung der Feldspulen bei Hauptschluß-motoren



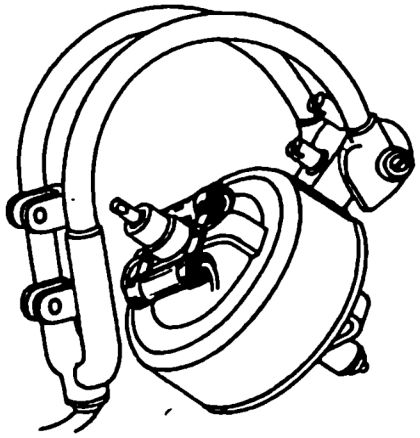
I Gewöhnliche Entstörung, II Erweiterte Entstörung. In schwierigen Fällen ist bei a und b je eine Netzdrossel einzubauen.

Beispiele von Störschutzschaltungen für Hauptschlußmotoren

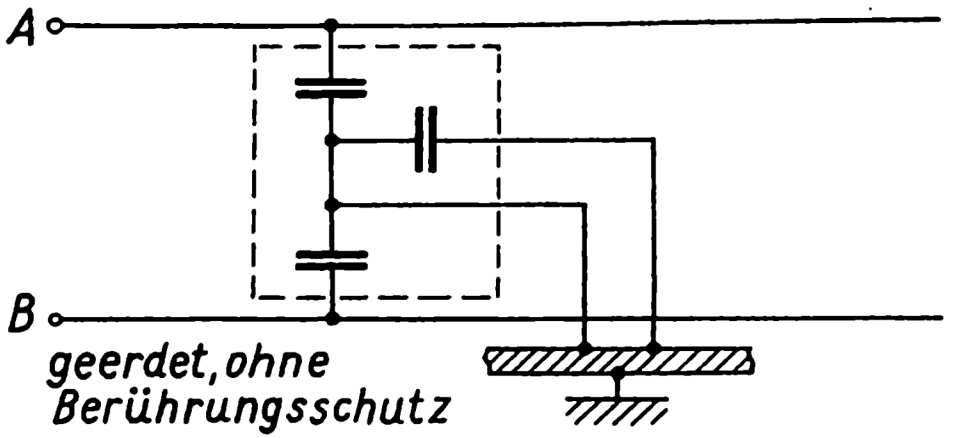


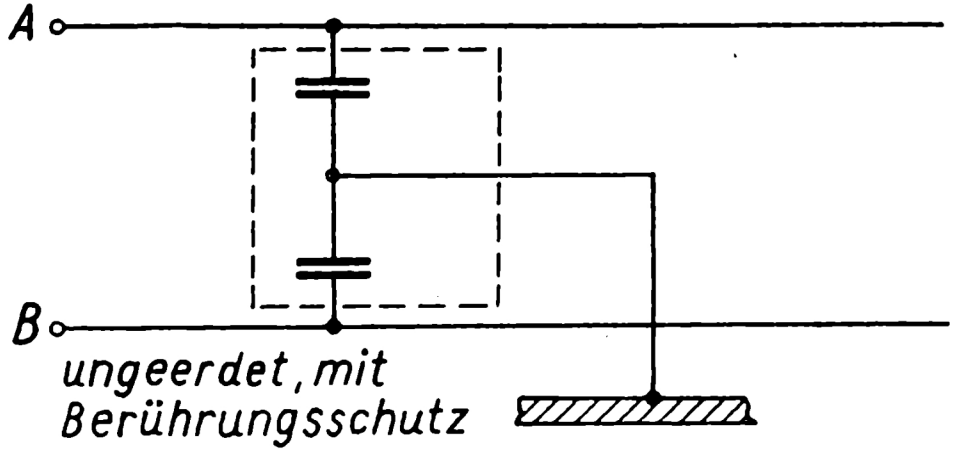
Oben: Entstörung mit Kondensatoren und Netzdrossel.
Unten: Erweiterte Entstörung eines Motors mit Wendepolen, eventuell mit Netzdrossel wie oben.

Beispiele von Störschutzschaltungen für Nebenschlußmotoren.

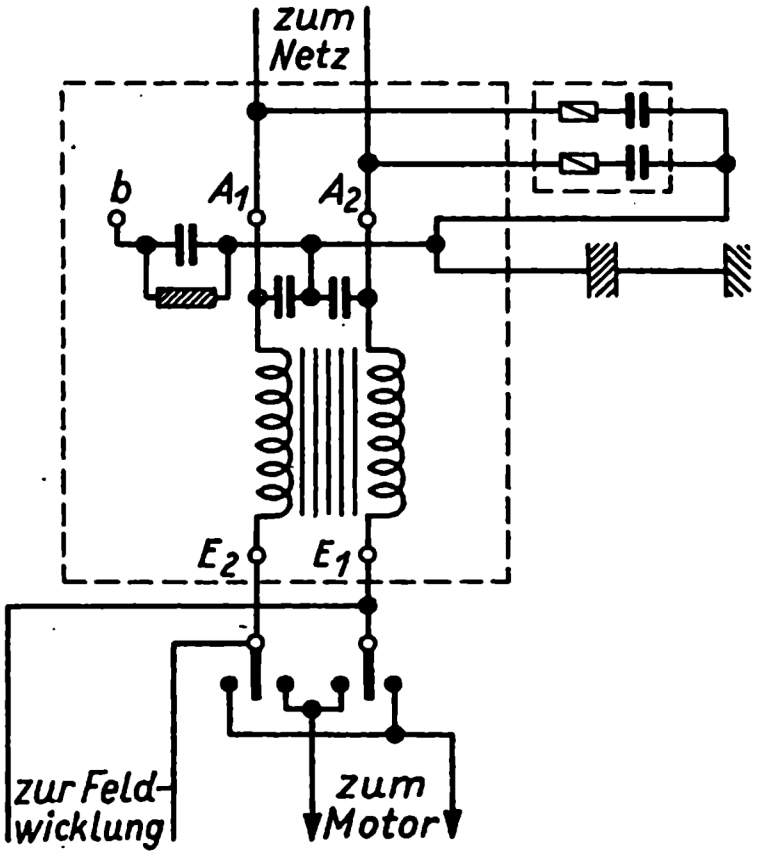


Einbau von Kondensatoren in einen Sondermotor

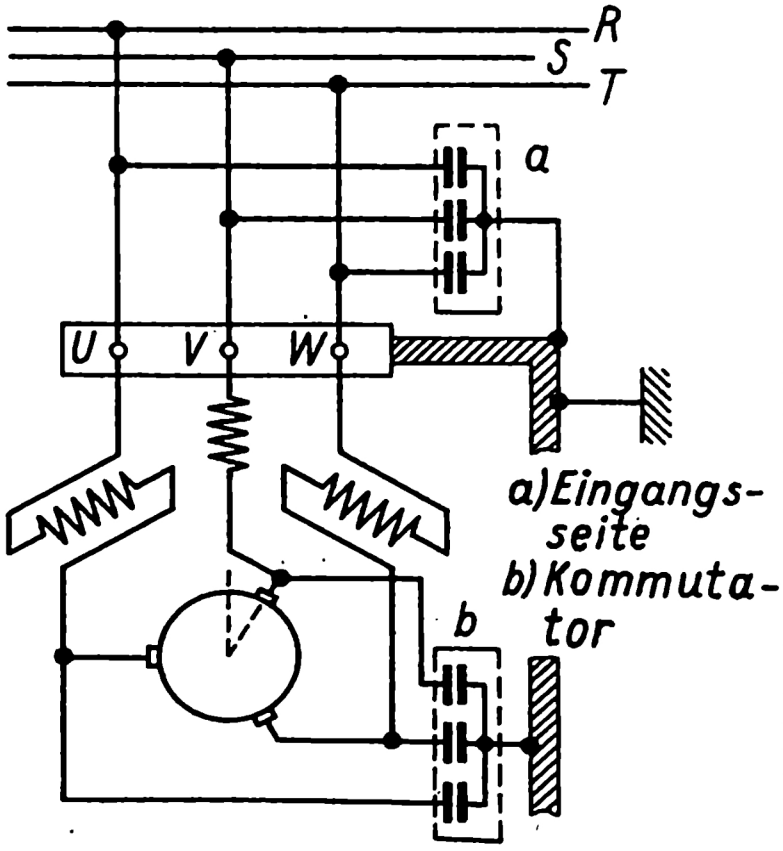




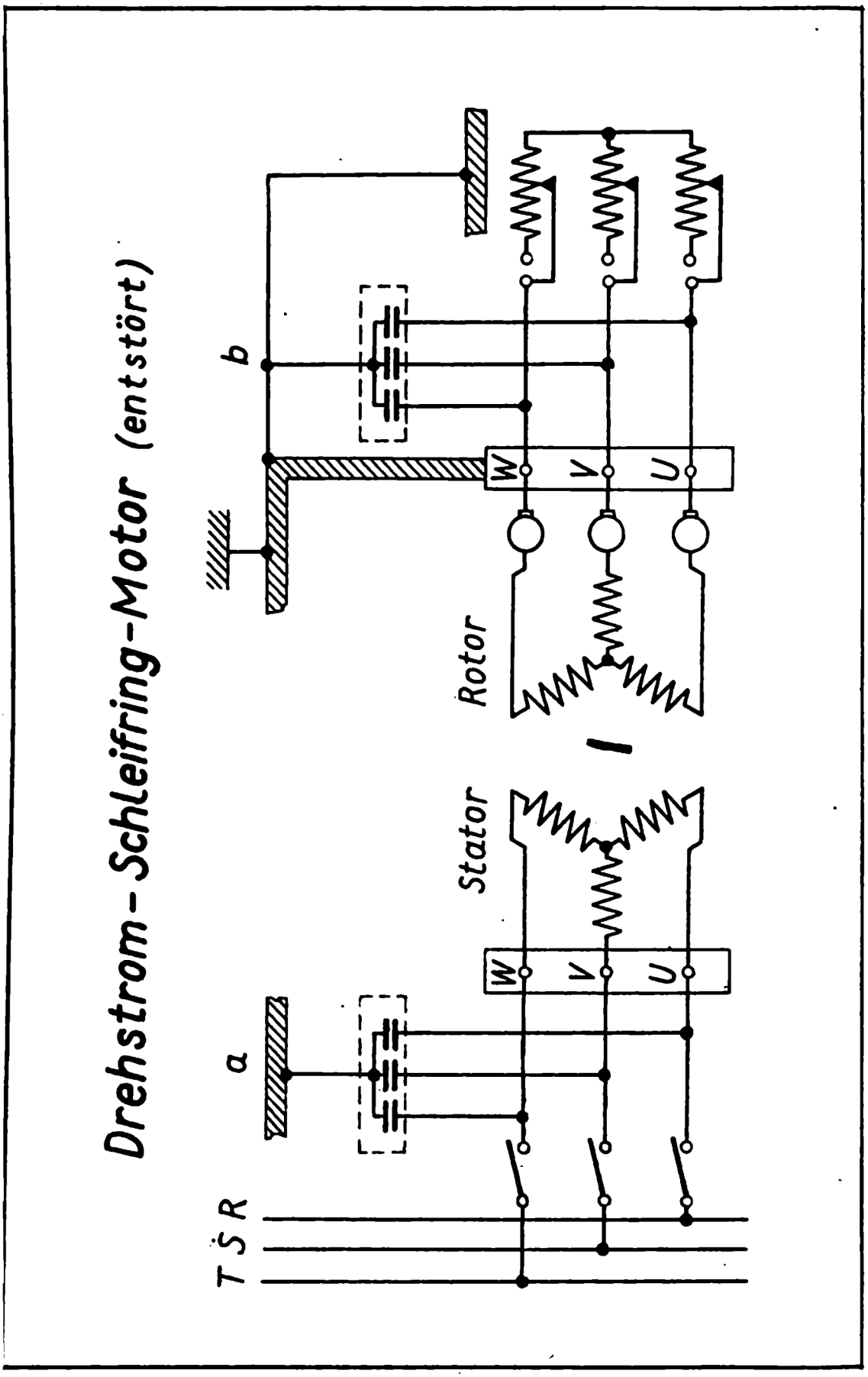
Anschluß des Entstörungskondensators an Maschinen

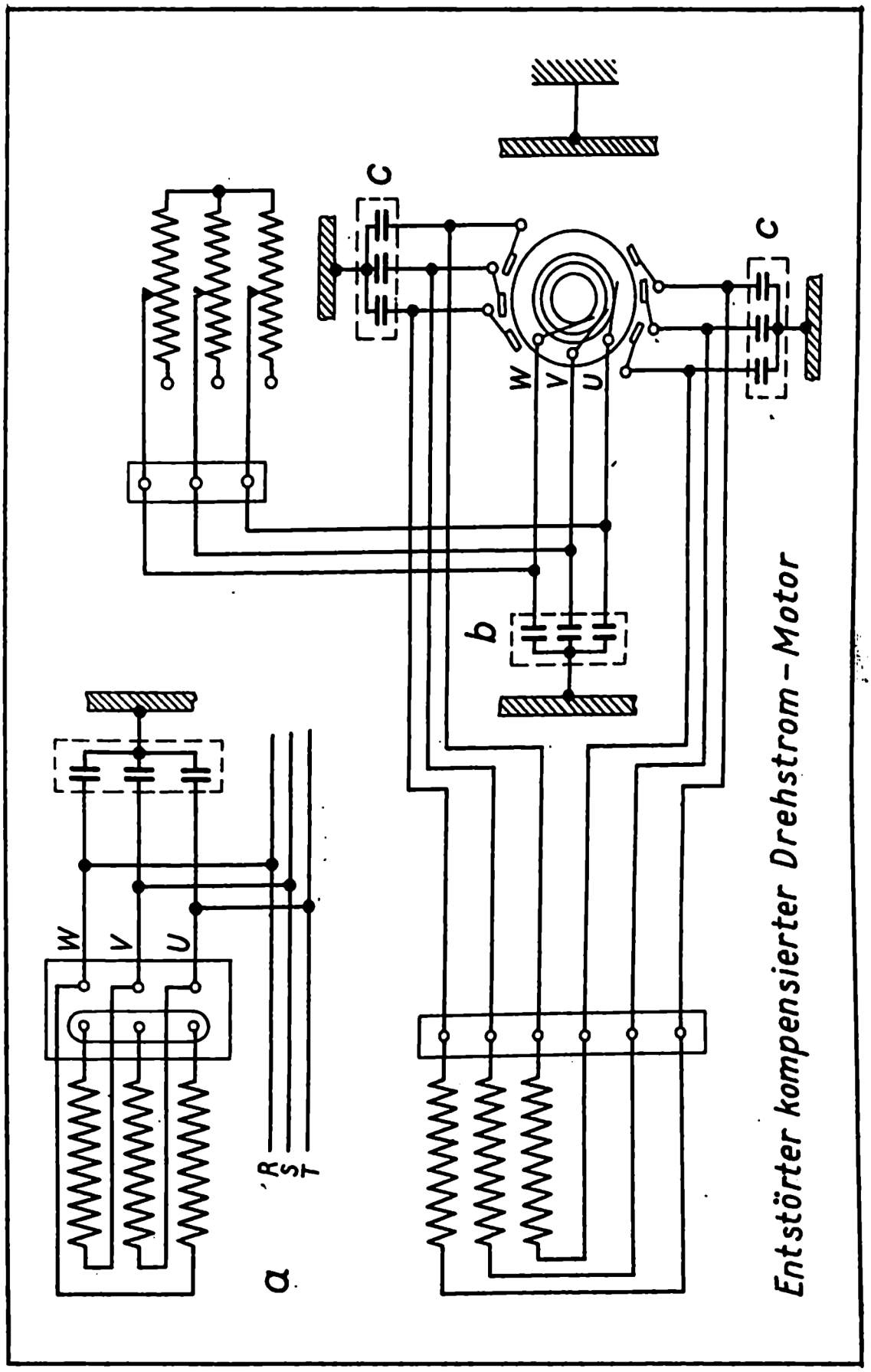


Anschaltung der Entstörungsmittel an einen Gleichstromumkehrschalter

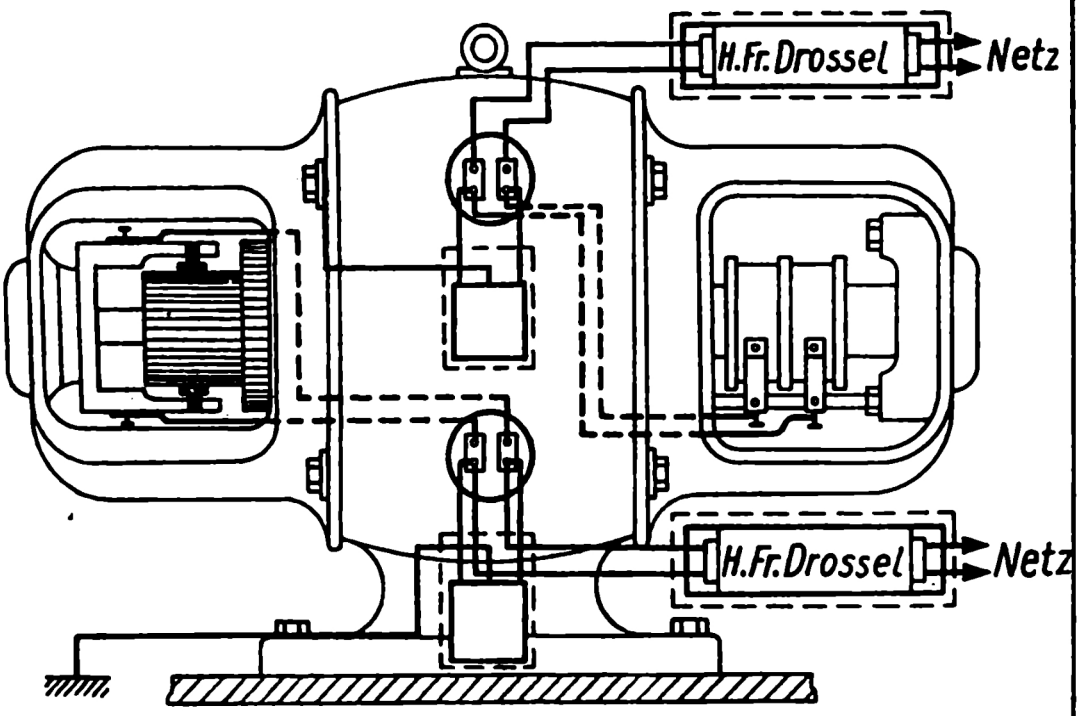


Drehstrom-Kommutator-Motor
(entstört)

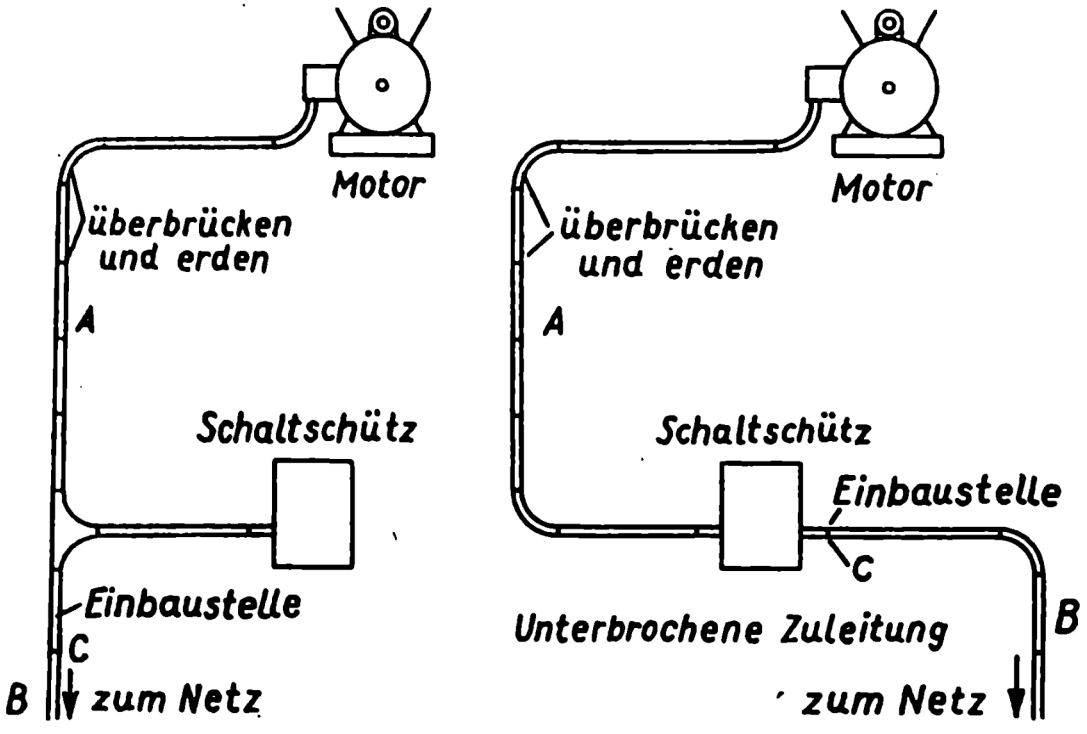

Drehstrom-Schleifring-Motor (entstört)
T S R
a
b
Stator
Rotor
W
V
U
W
V
U



Entstörter kompensierter Drehstrom-Motor

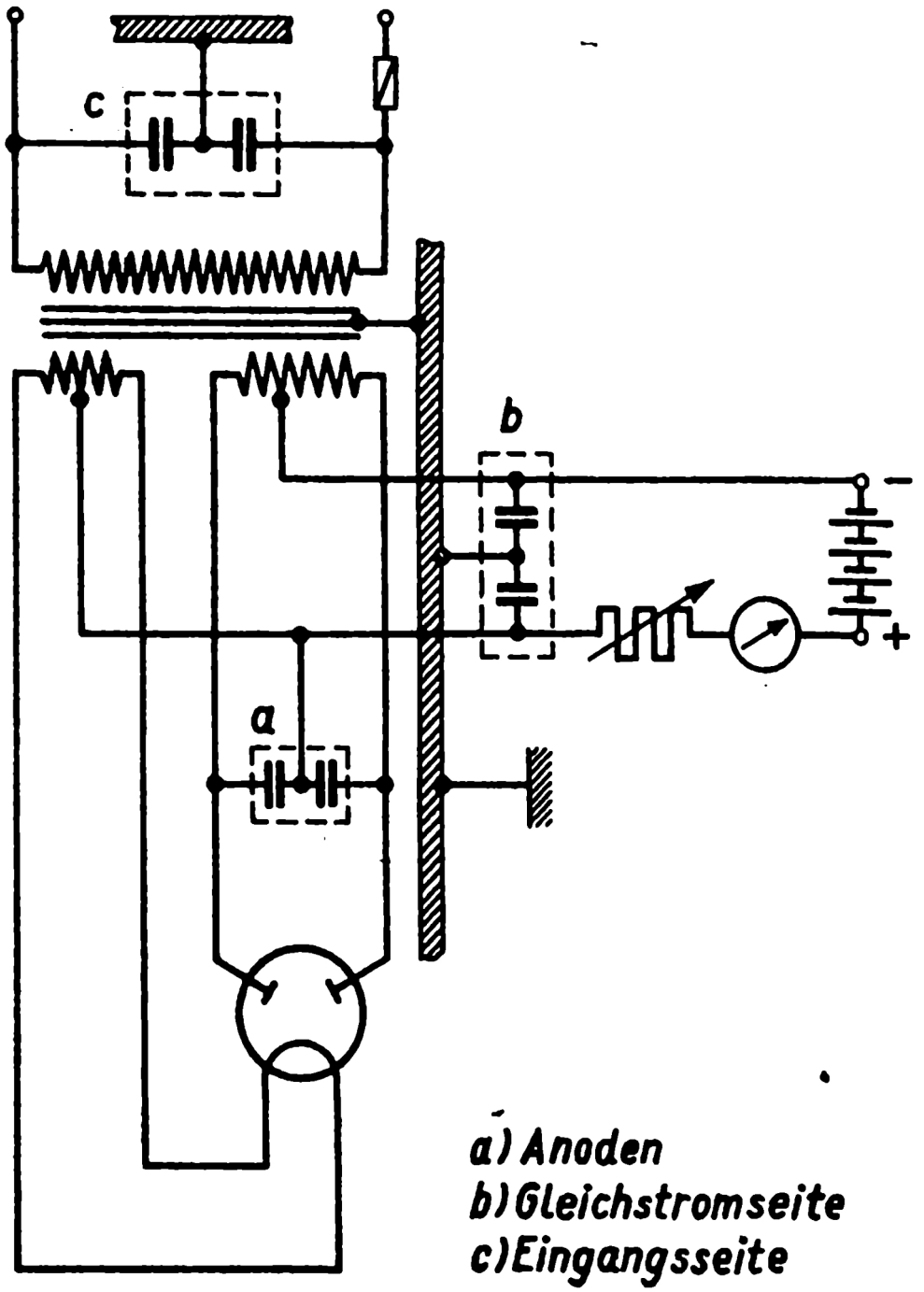


Entstörung eines zweiph. Einankerumformers



Vor Einbau Schalterkontakte prüfen bzw. erneuern

Entstörung von Drehrichtungs-Umschaltern



a) Anoden
b) Gleichstromseite
c) Eingangsseite

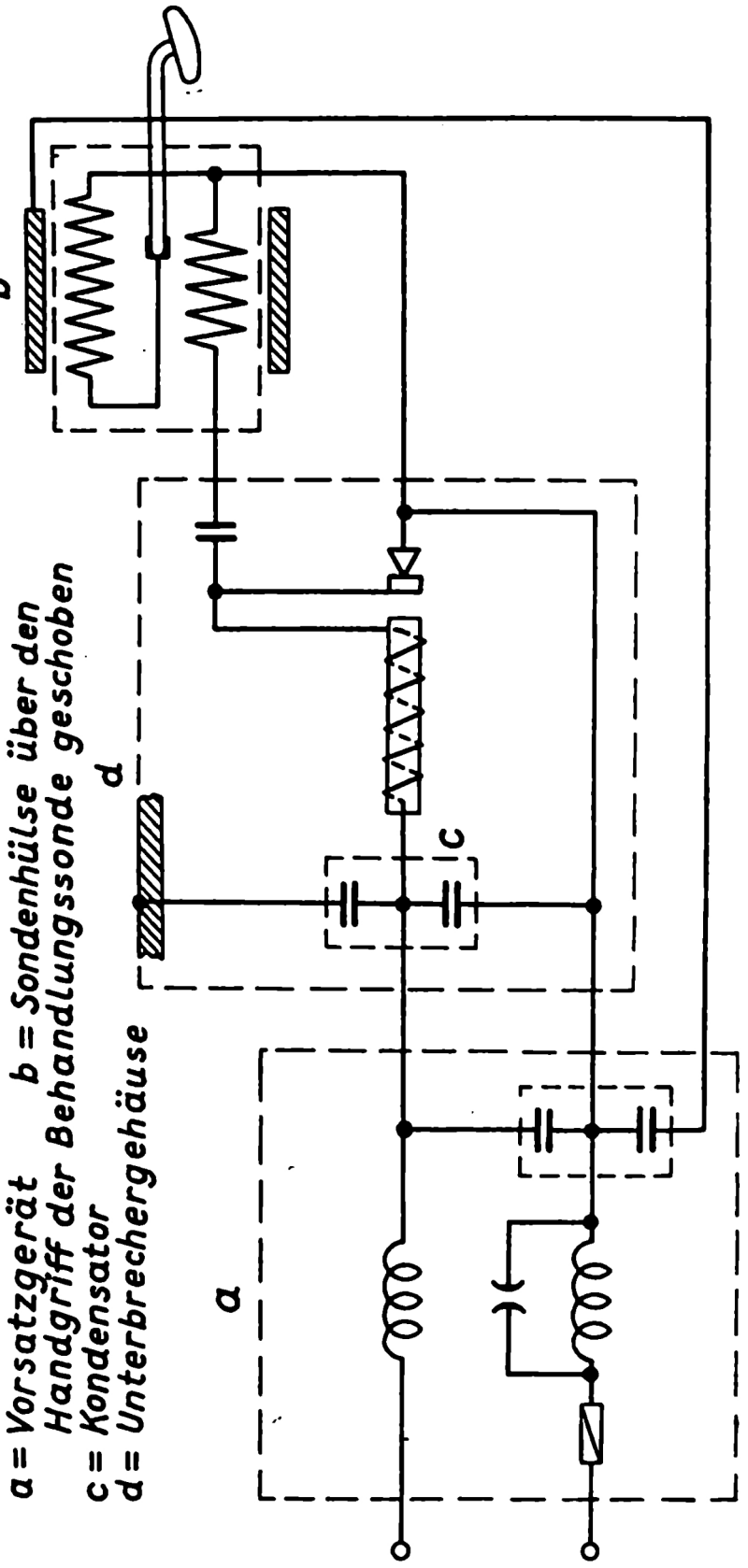
Glühkathoden-Gleichrichter

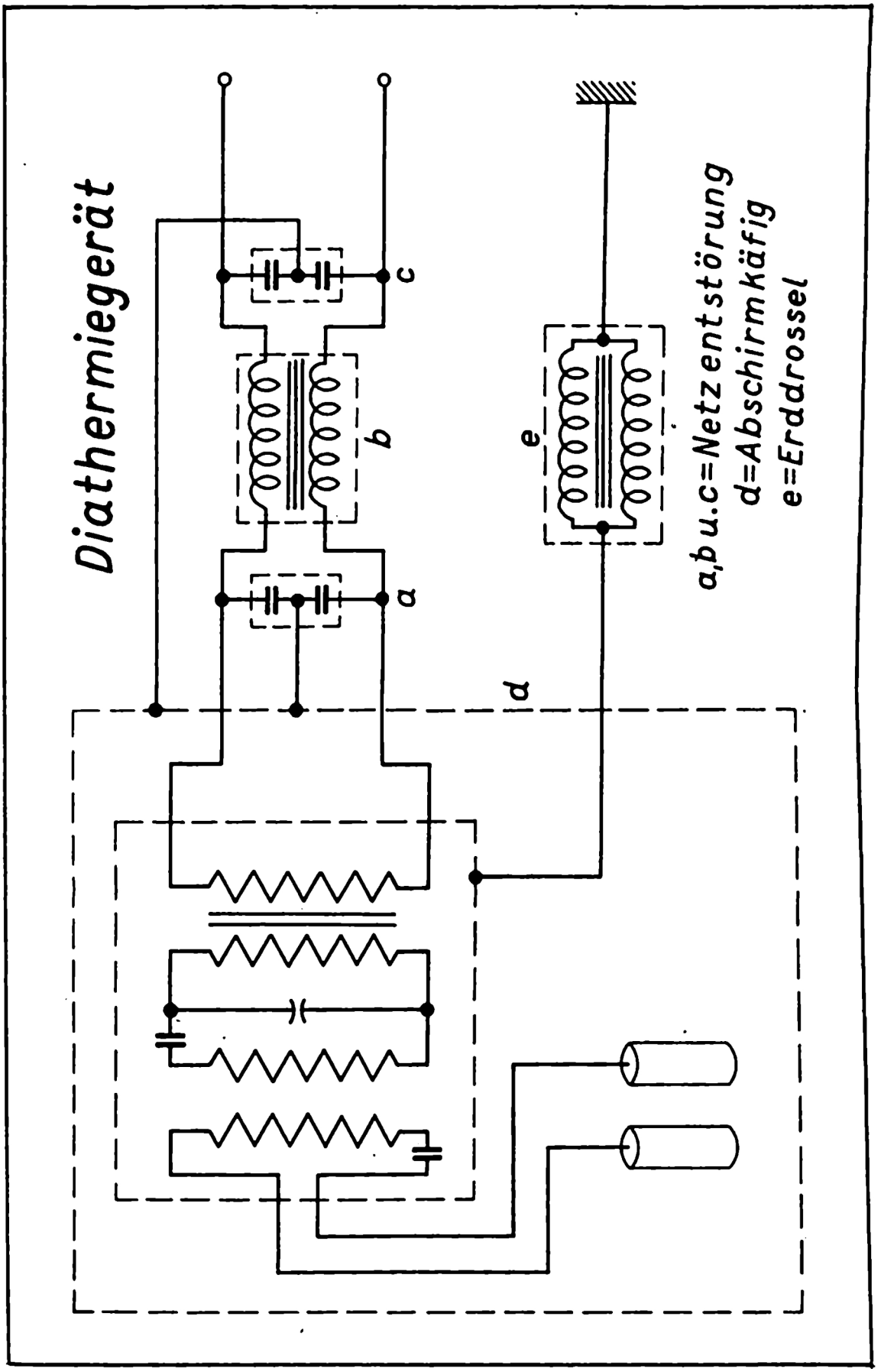
(entstört)

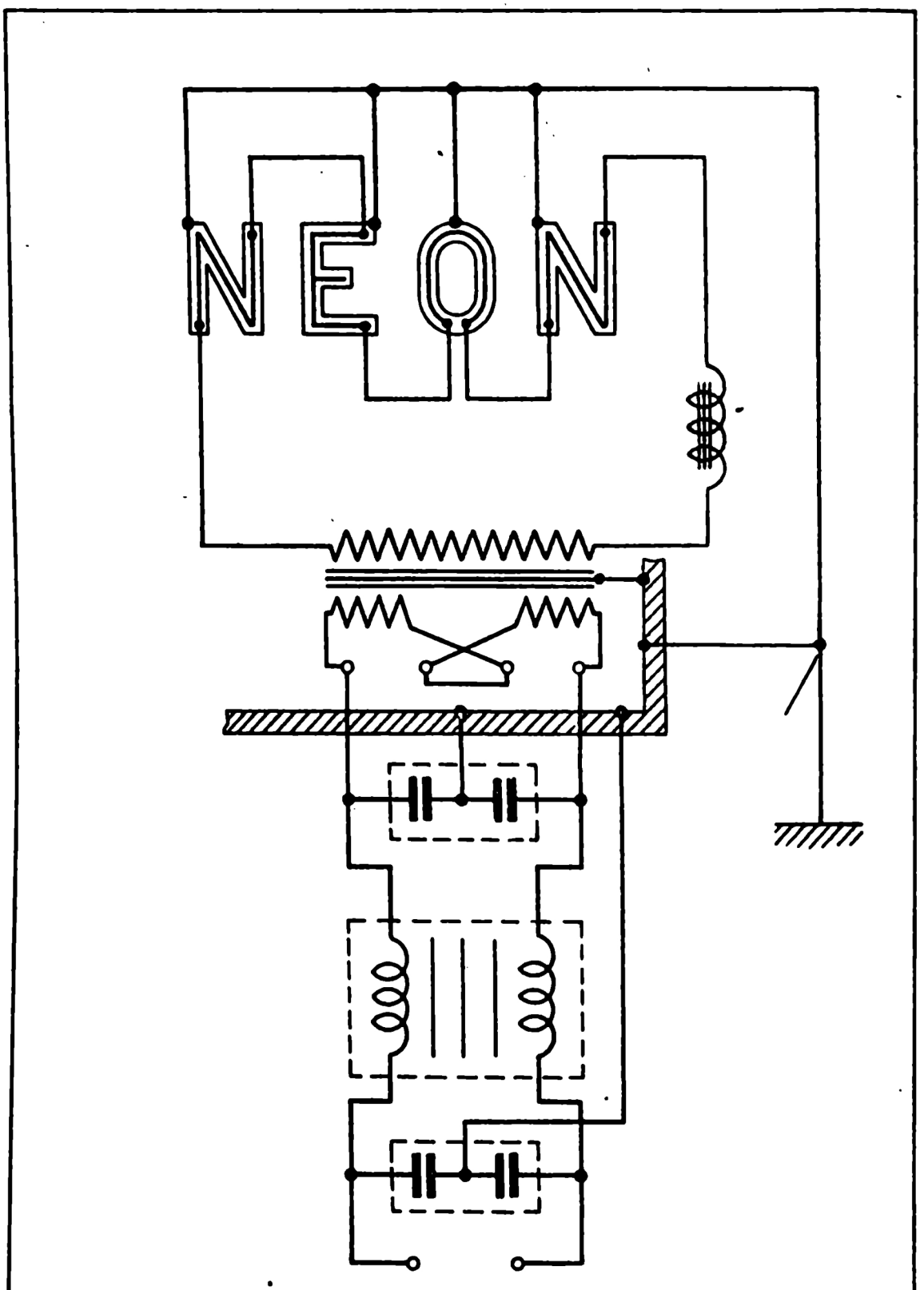
Entstörung durch Vorsatzgerät

• Hochfrequenz – Heilgerät

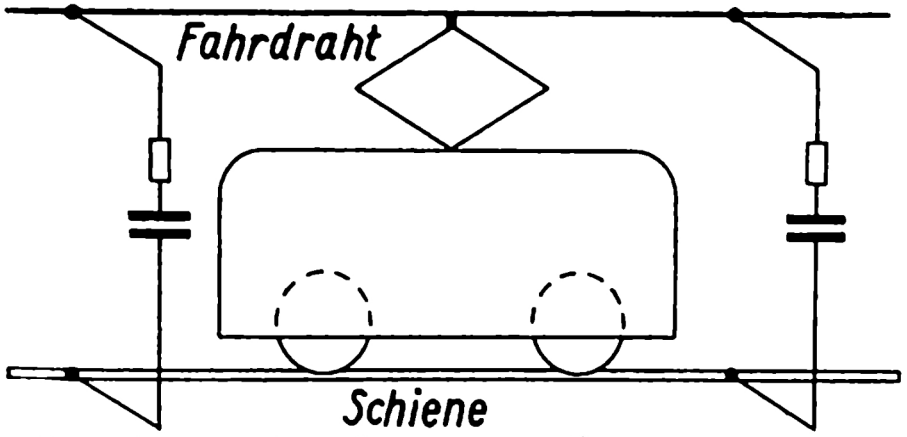
a = Vorsatzgerät
b = Sondenhülse über den Handgriff der Behandlungssonde geschoben
c = Kondensator
d = Unterbrechergehäuse



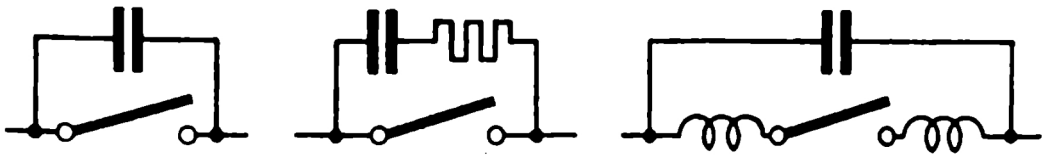

Diathermiegerät
a,b u.c=Netzentstörung
d=Abschirmkäfig
e=Erddrossel
a
b
c
d
e



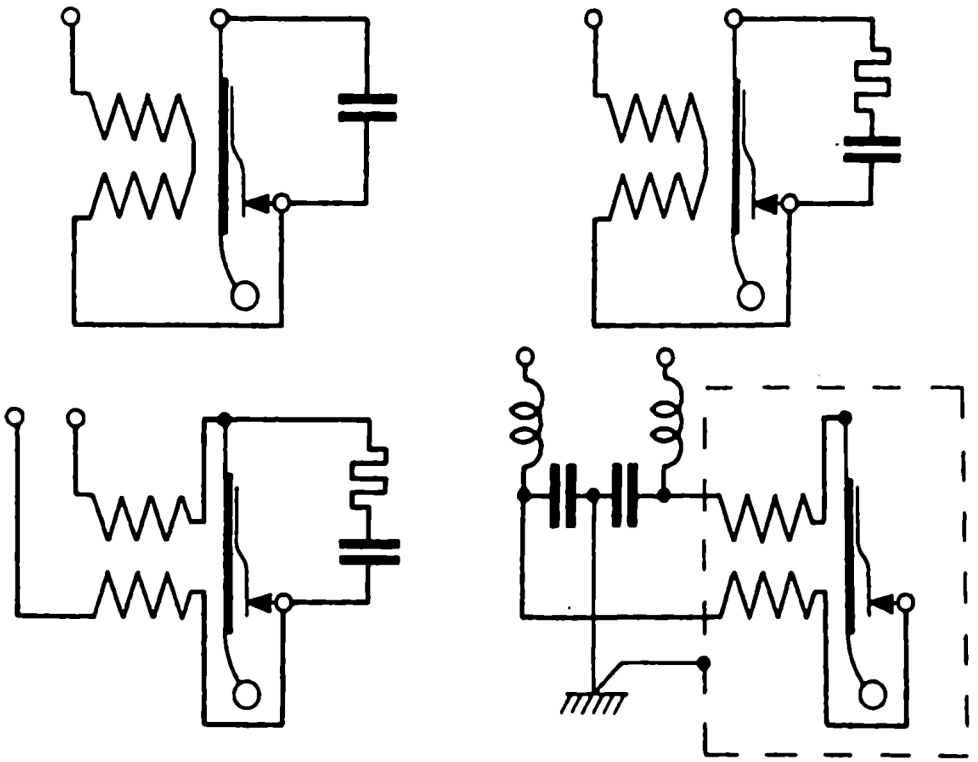
Leuchtröhrenanlage (entstört)



Entstörung der Fahrdrahtleitung

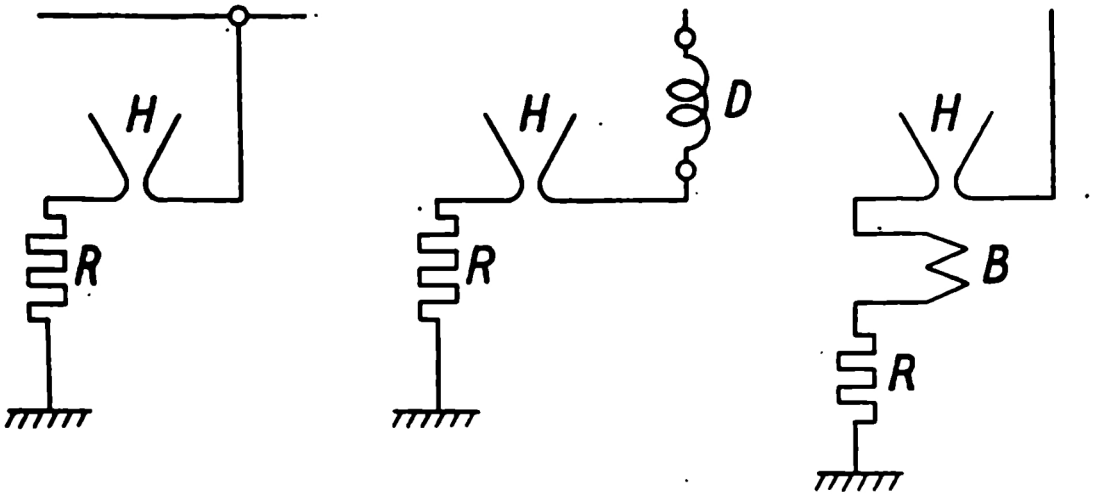


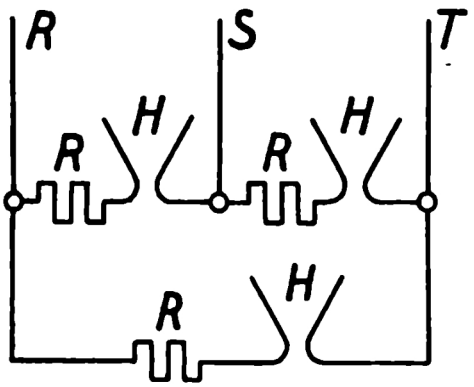
Entstörungen von Schaltgeräten



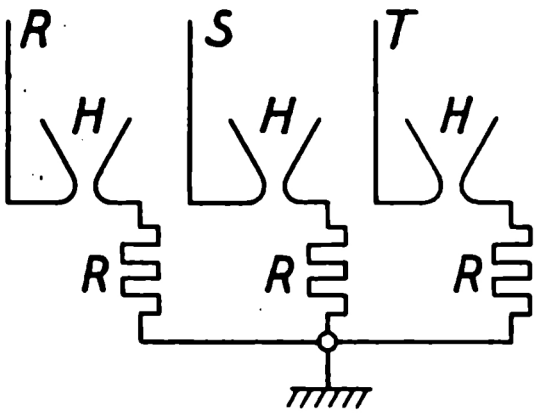
Störschutzschaltungen für elektrische Klingeln

Überspannungsschutzschaltungen

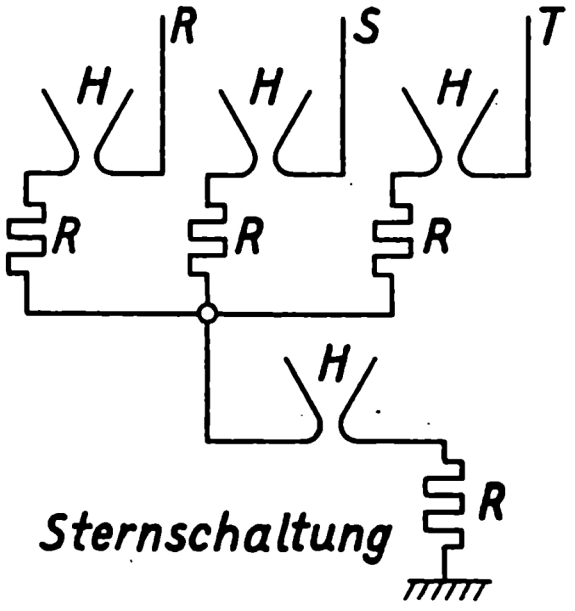




Dreieckschaltung

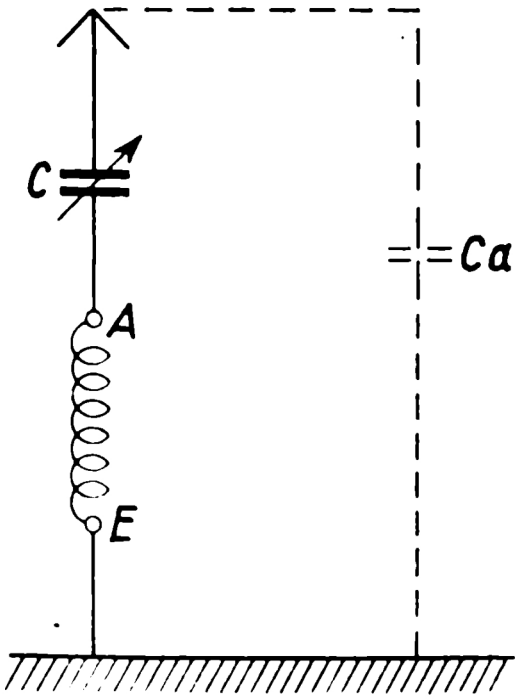


B = Blasespule
D = Drosselspule
H = Hörnerblitz-ableiter
R = Dämpfungs-widerstände

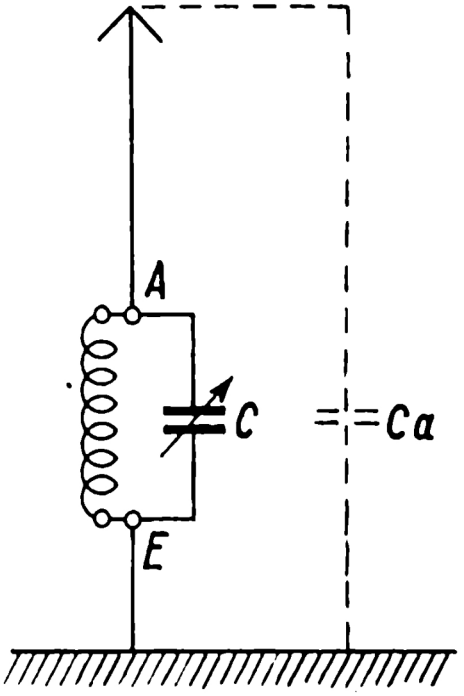


Sternschaltung

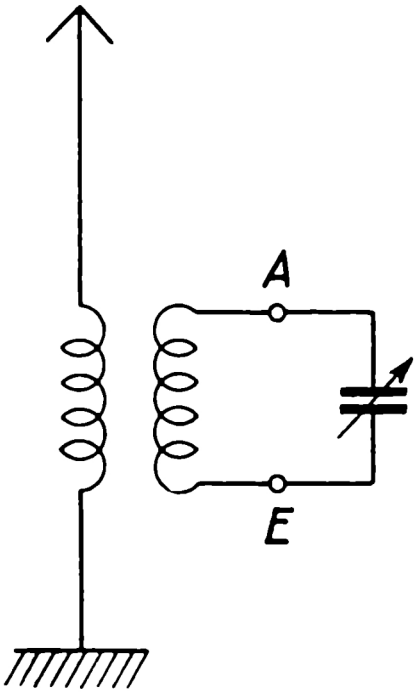
Radioschaltungen



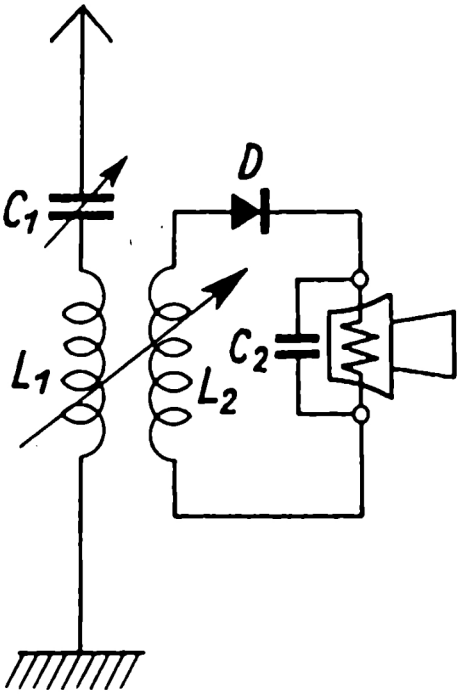
Antennenkreis kurz



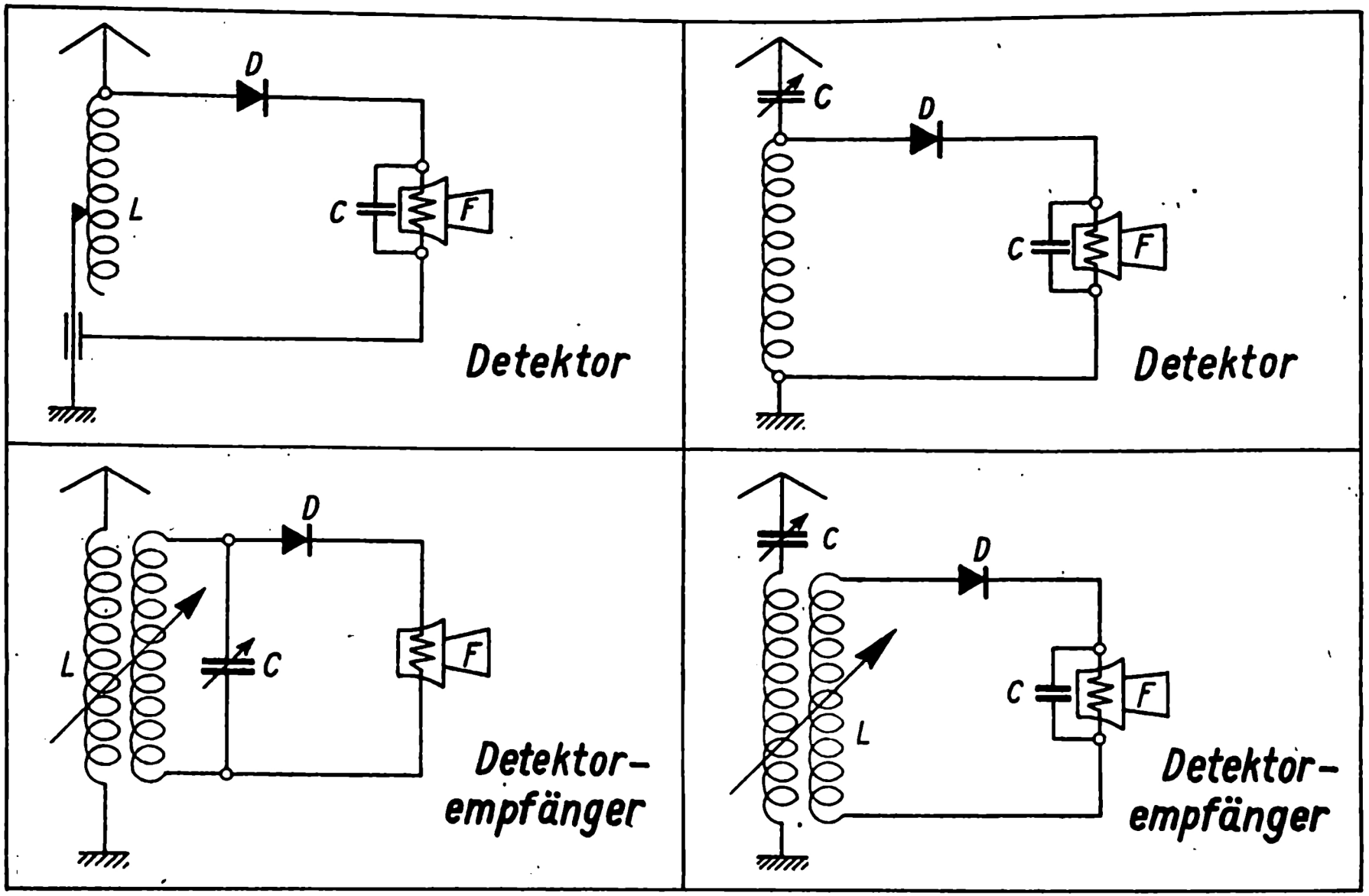
Antennenkreis lang

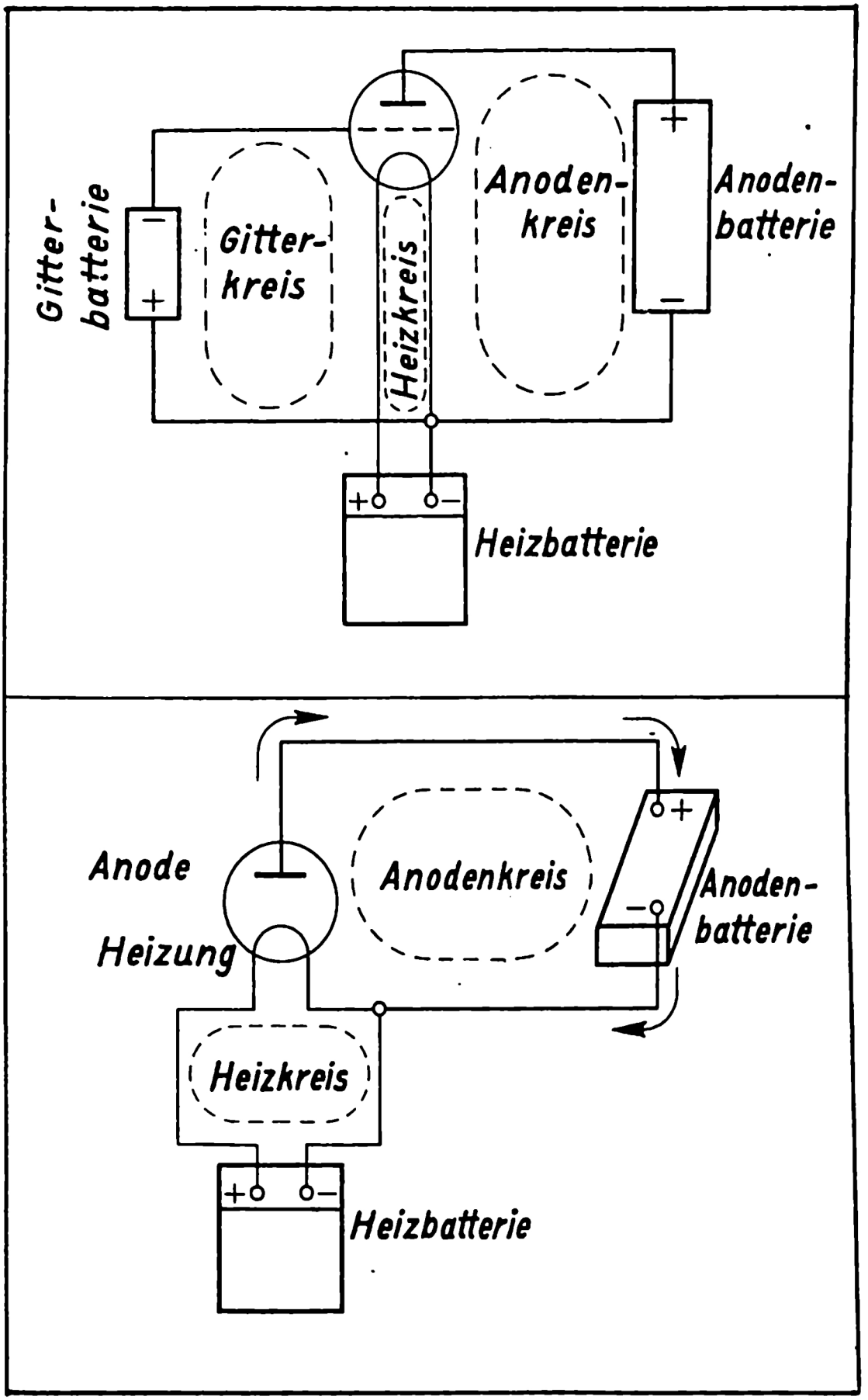


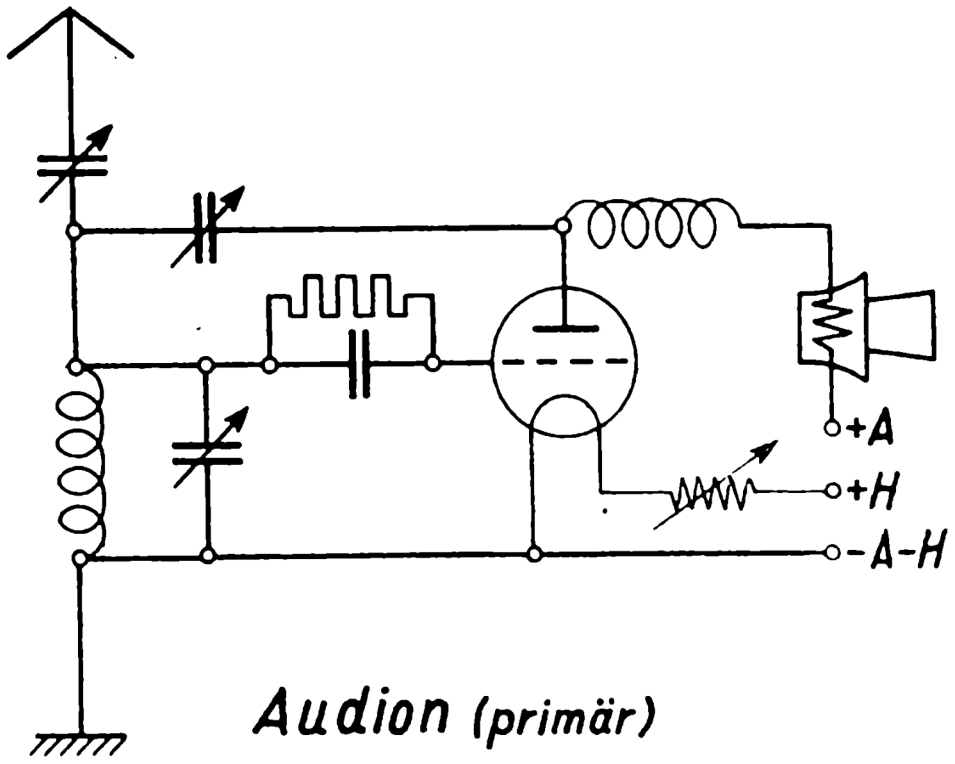
Sekundärkreis



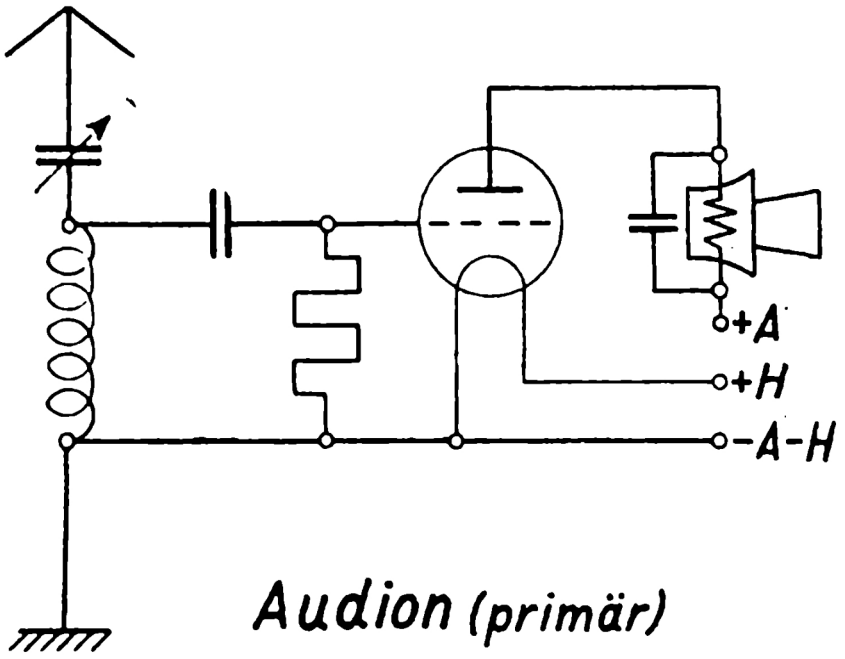
Aperiodischer Detektorkr.


D
L
C
F
Detektor
C
D
C
F
Detektor
D
L
C
F
Detektor-
empfänger
C
D
L
C
F
Detektor-
empfänger

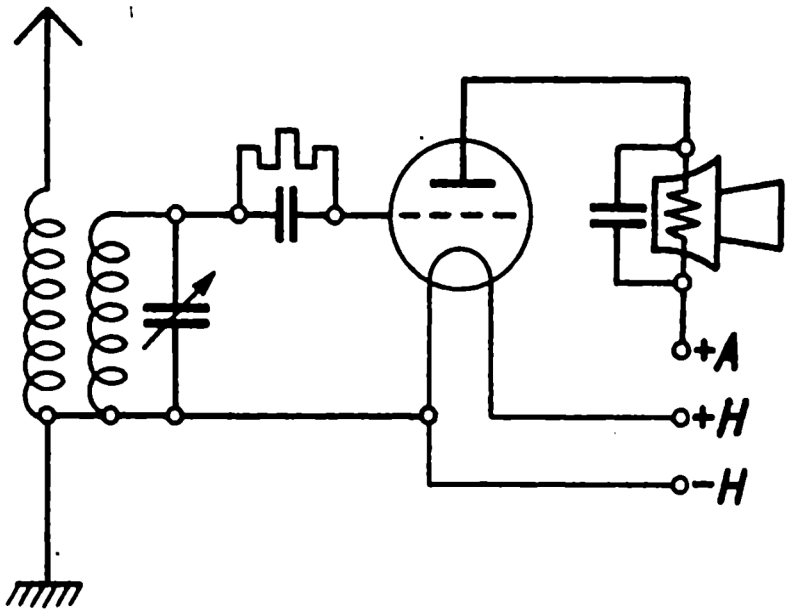

Gitter-
batterie
Gitter-
kreis
Heizkreis
Anoden-
kreis
Anoden-
batterie
Heizbatterie
Anode
Heizung
Anodenkreis
Anoden-
batterie
Heizkreis
Heizbatterie



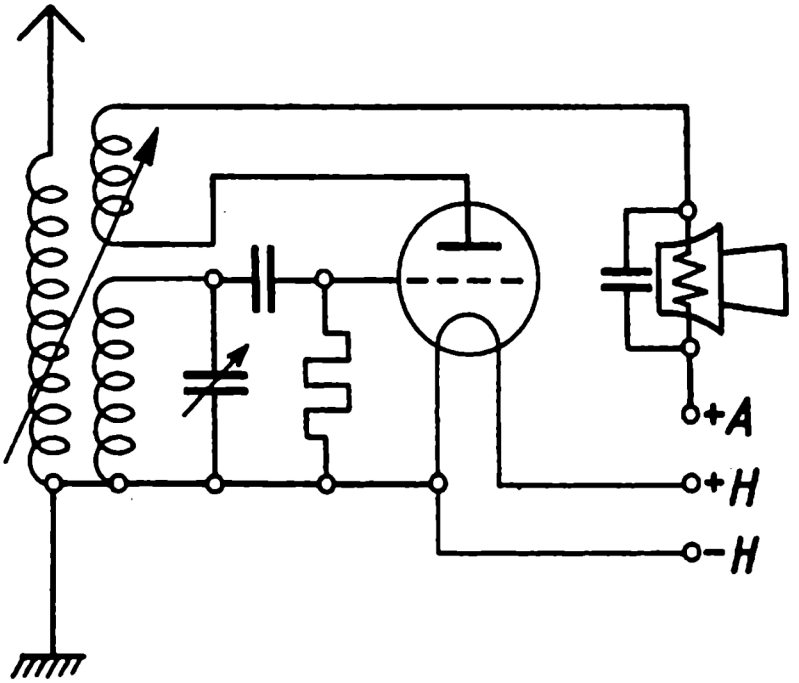
Audion (primär)



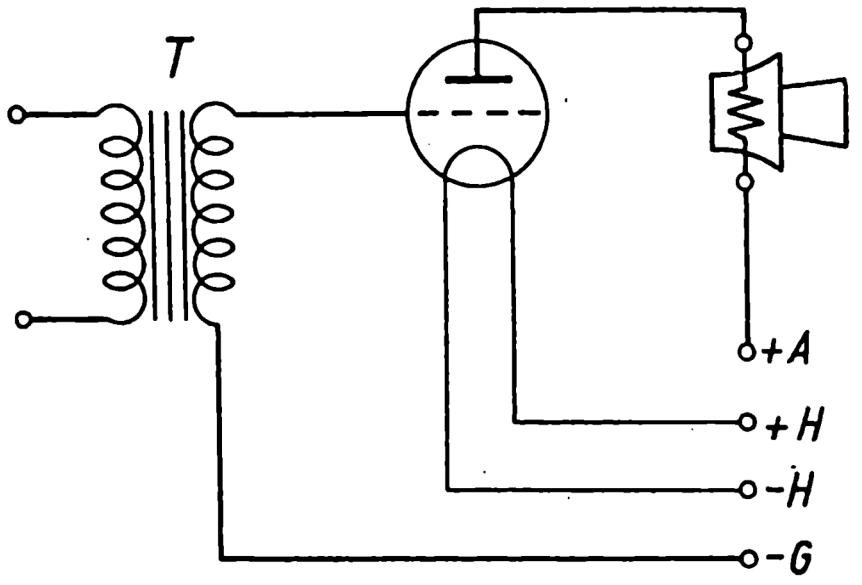
Audion (primär)



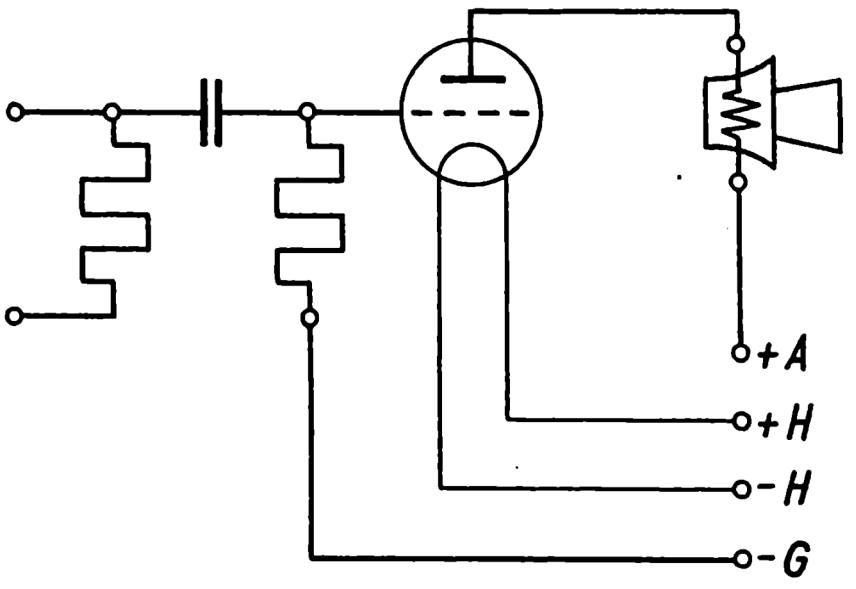
Audionschaltung (sek)



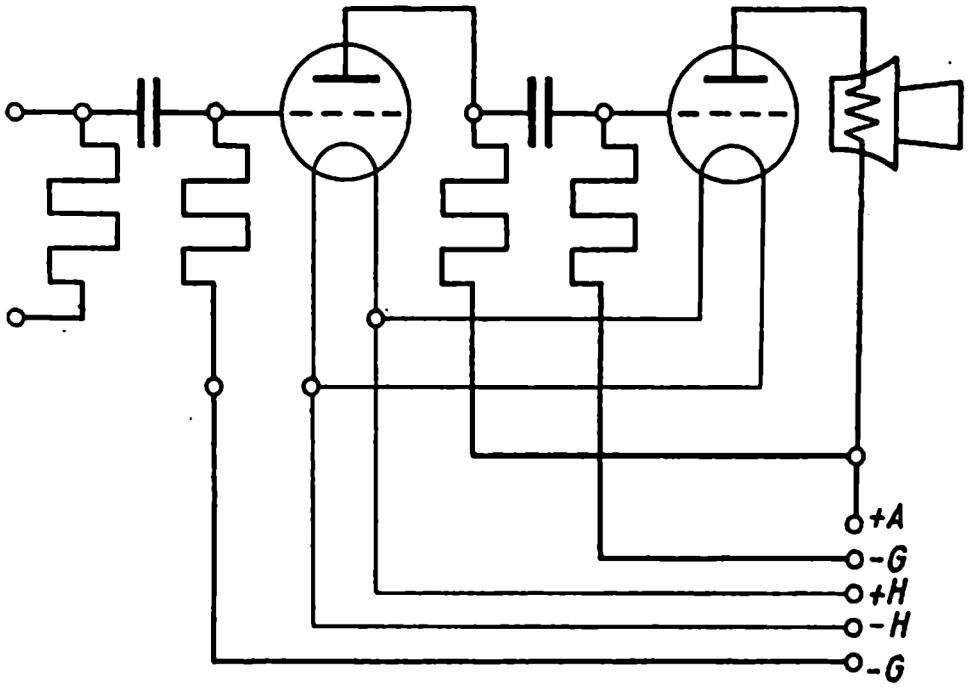
Audion mit Rückkoppelung



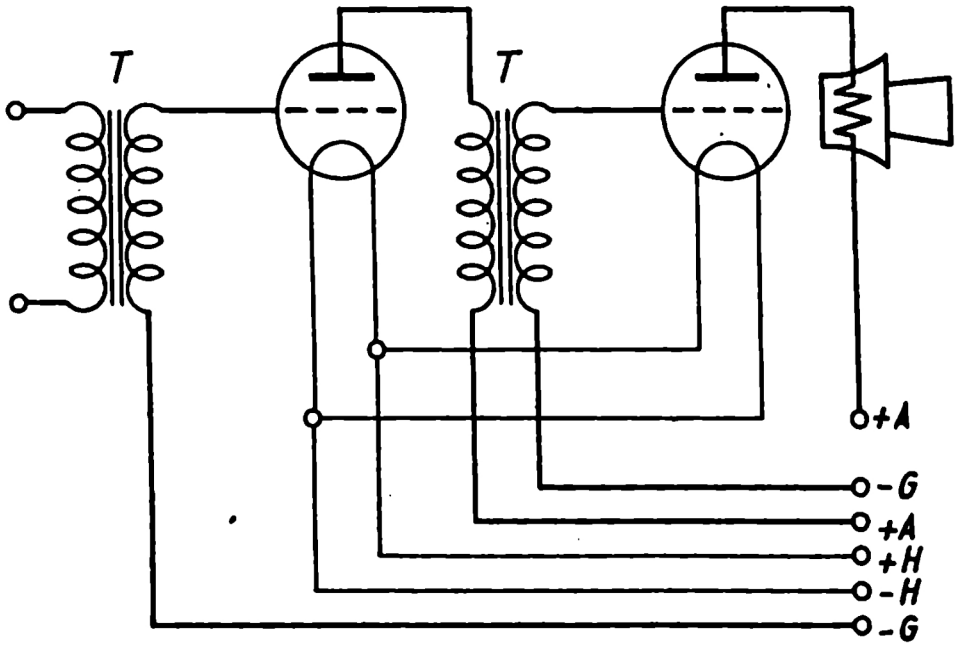
Niederfrequenzverstärker mit Trafo



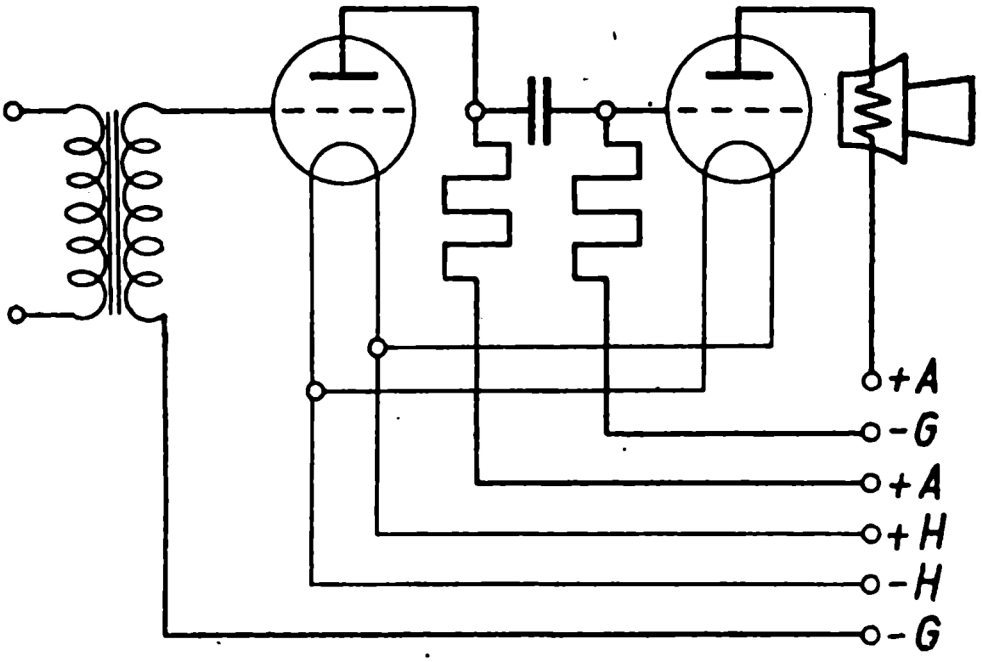
Niederfrequenzverstärker mit Widerständen



Zweifach-Niederfrequenz mit Widerstand

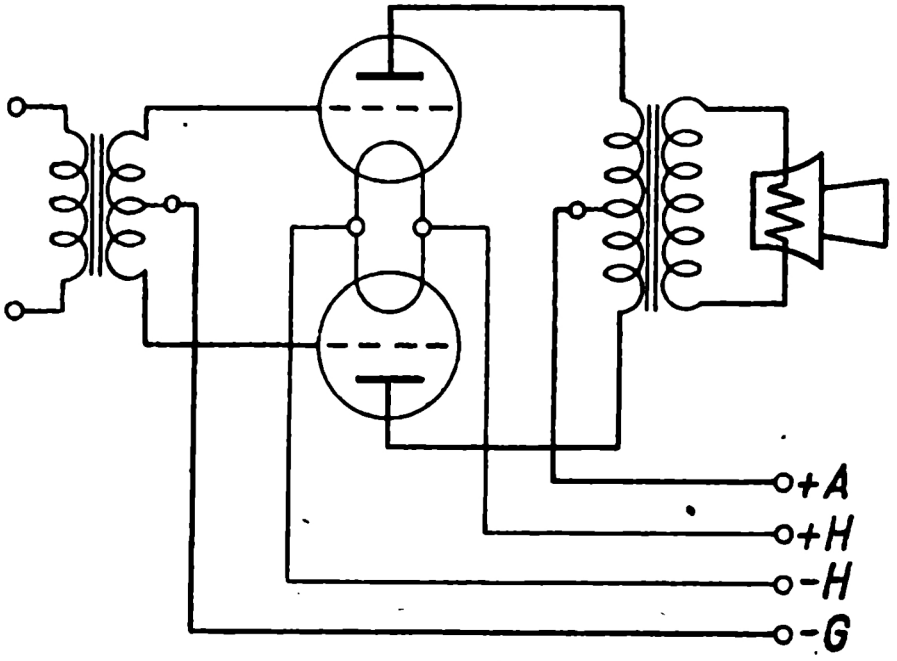


Zweifach-Niederfrequenz mit Transformator

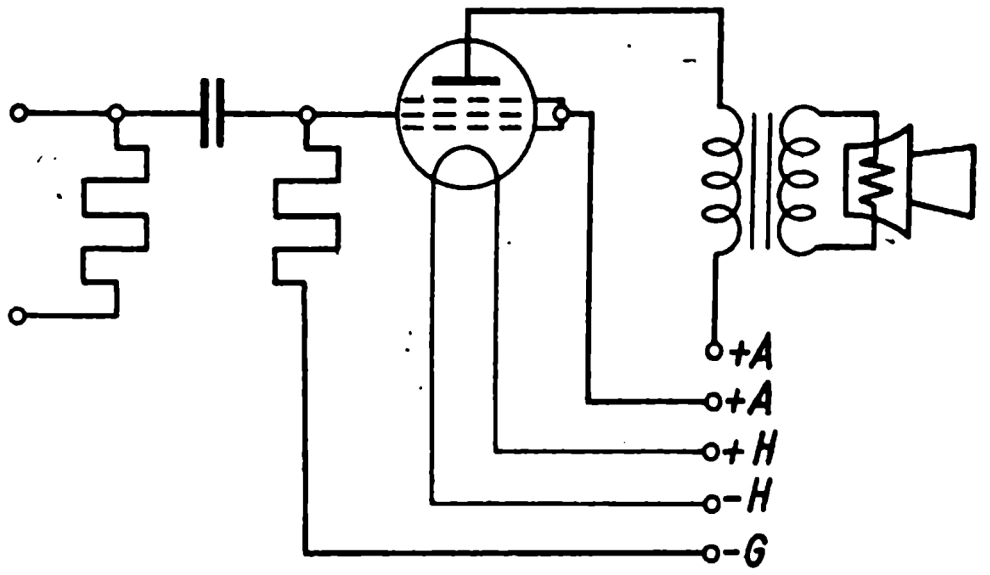


Zweifach-Niederfrequenzverstärker

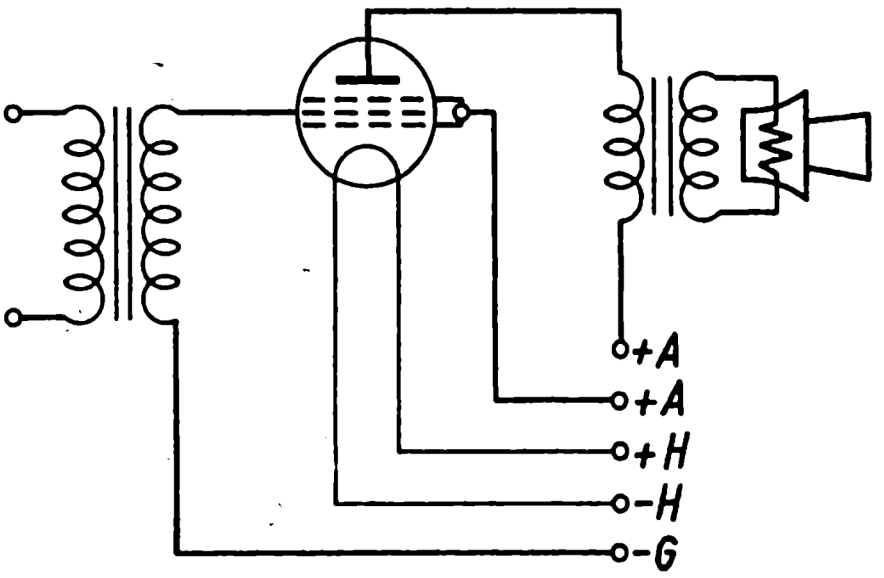
1. Stufe Trafo 2. Stufe Widerstände



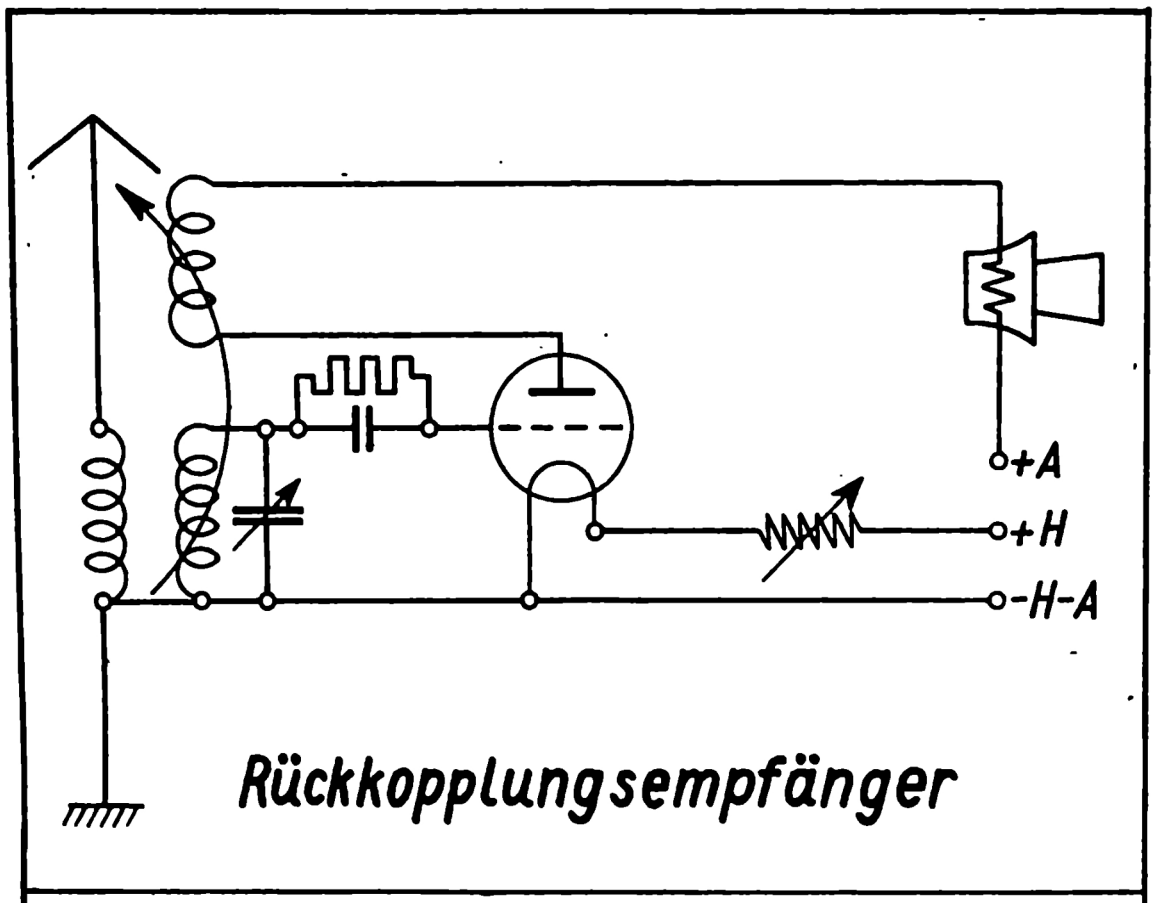
Gegentaktverstärker



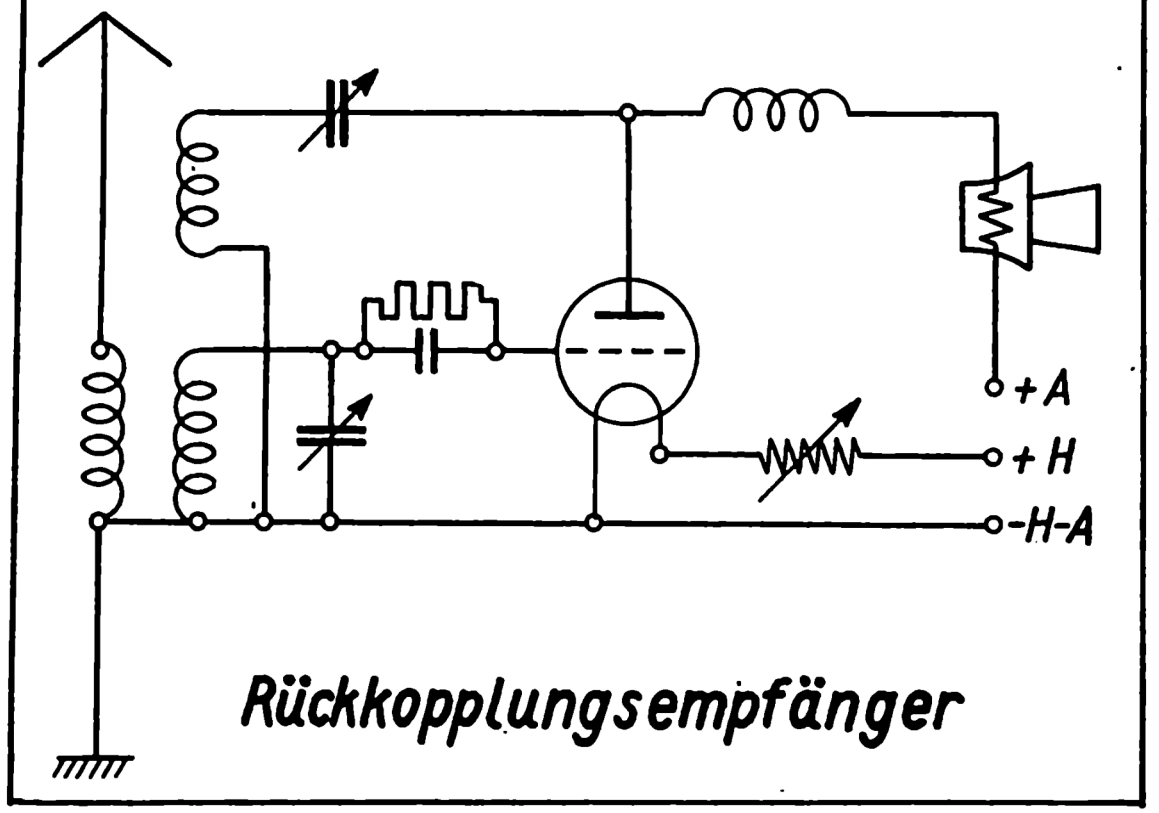
Kraftverstärker (Widerst.)



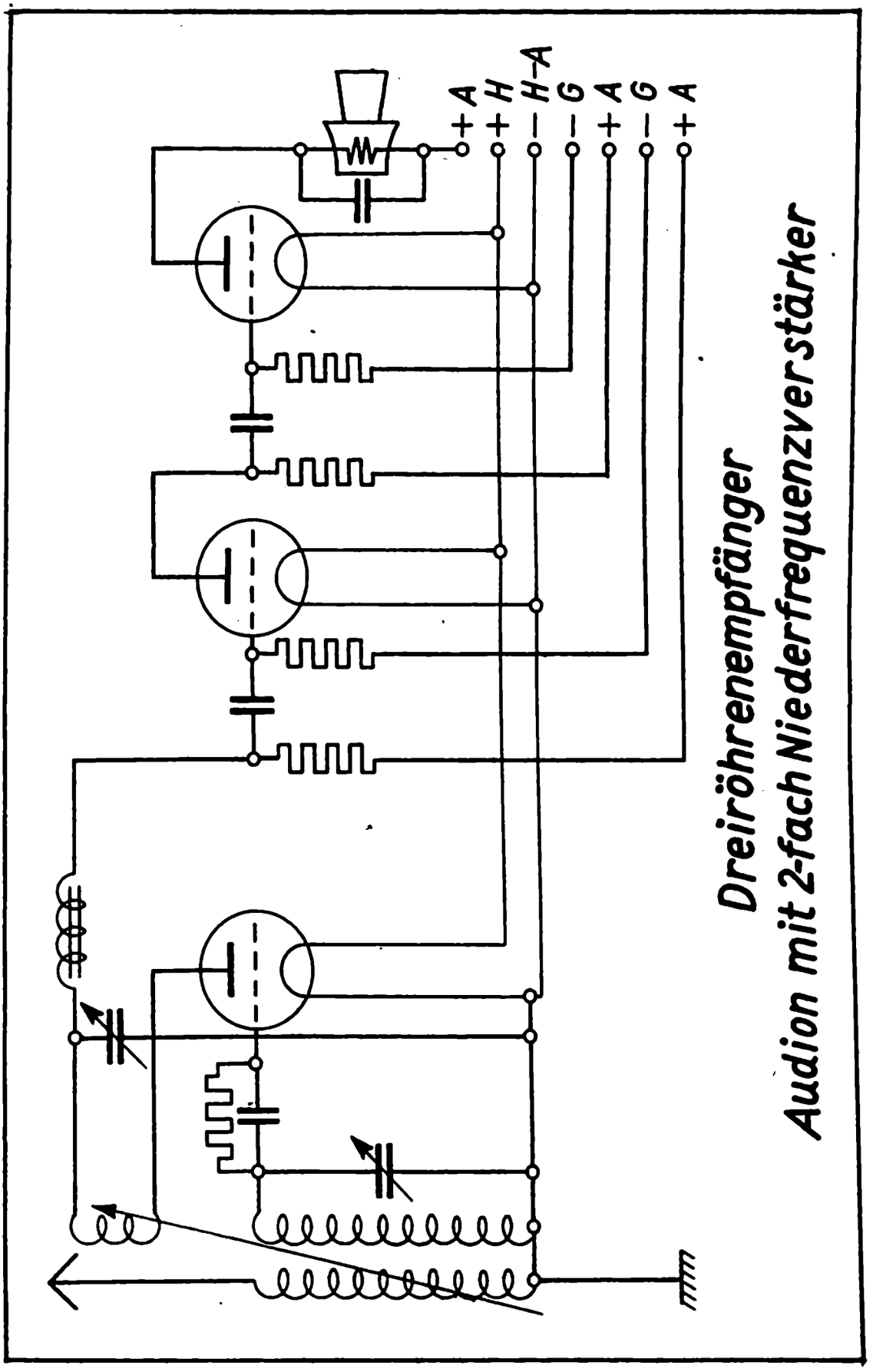
Kraftverstärker (Trafo)



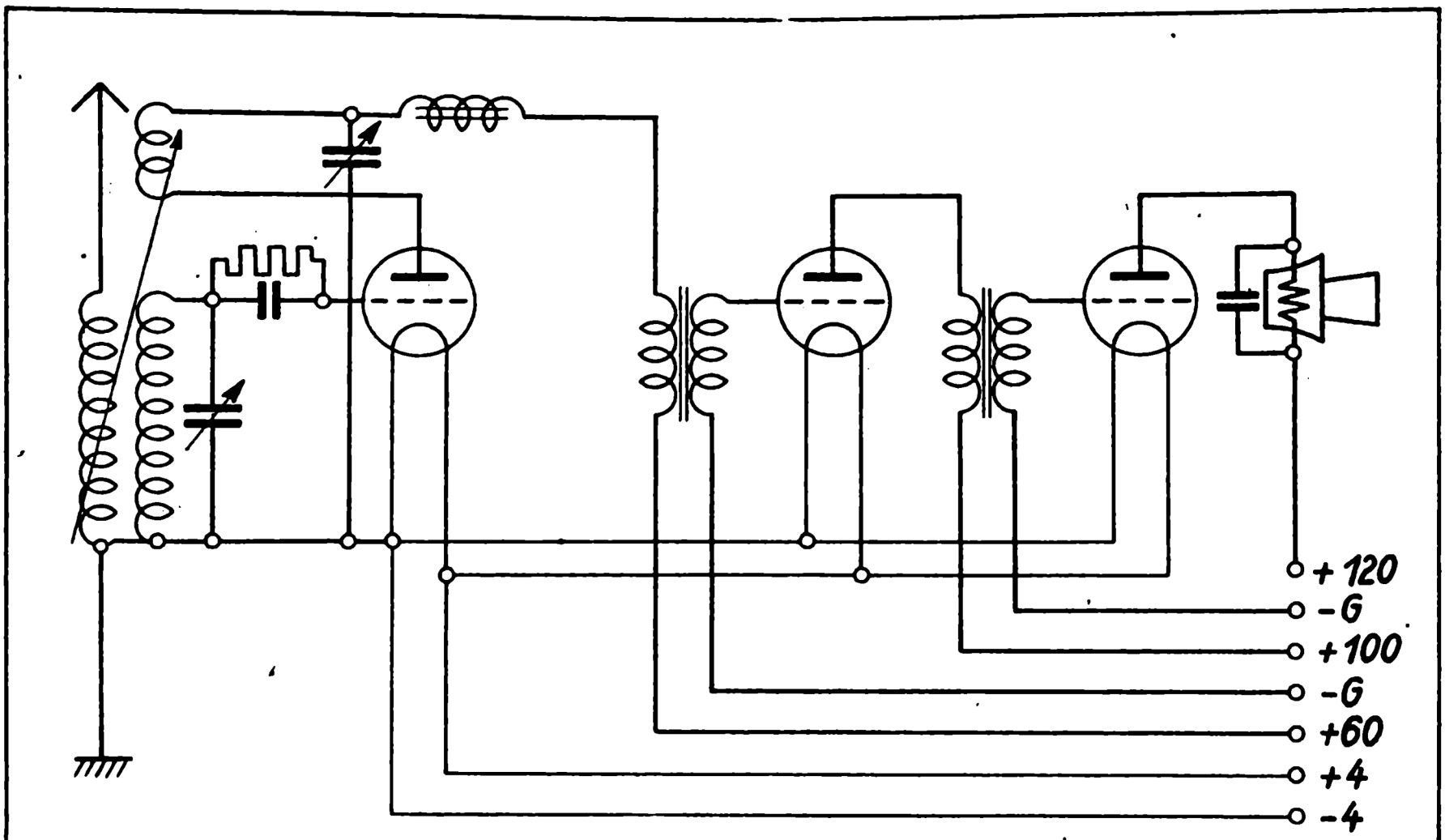
Rückkopplungsempfänger



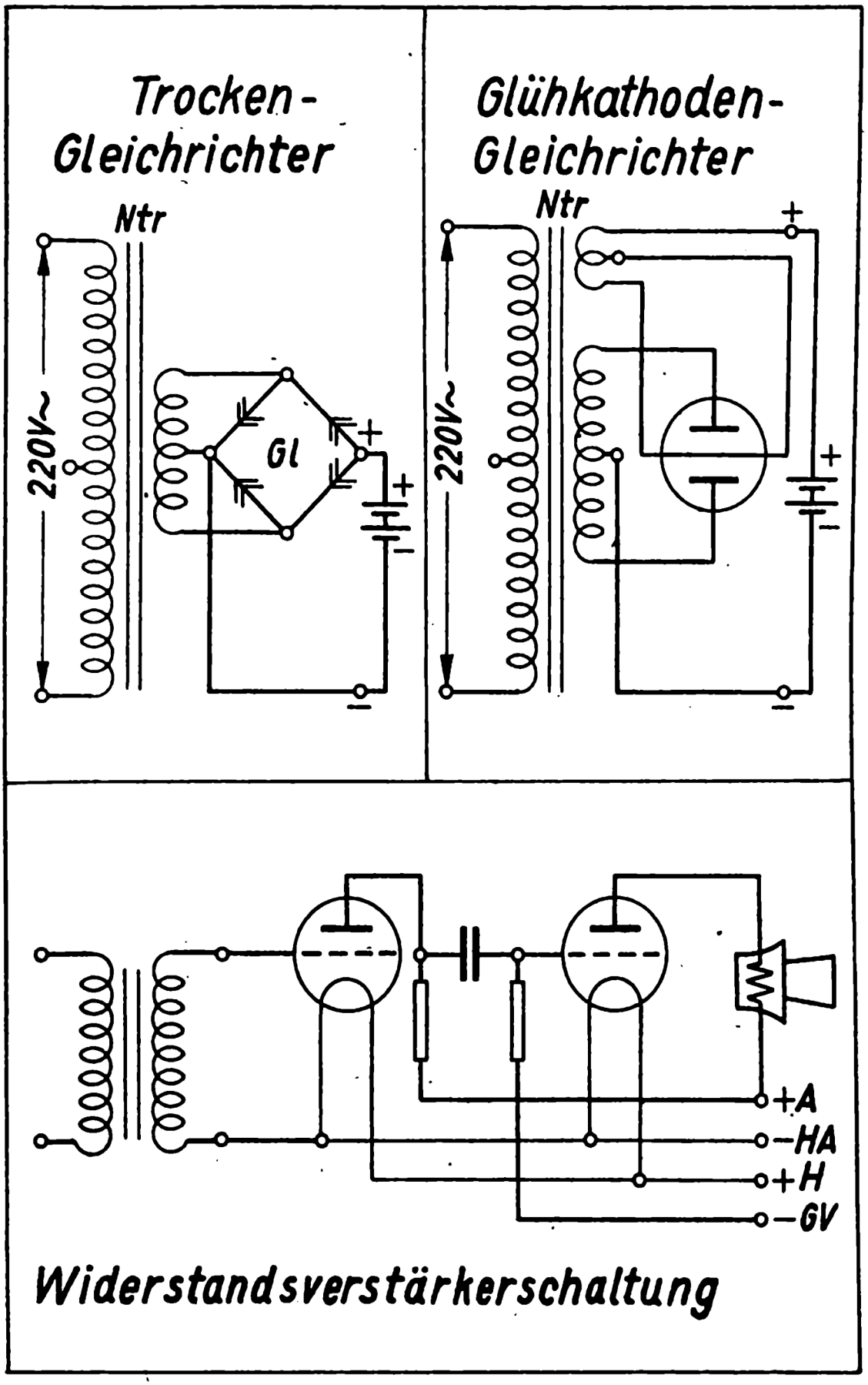
Rückkopplungsempfänger



Dreiröhrenempfänger
Audion mit 2-fach Niederfrequenzverstärker



Dreiröhrenempfänger mit 2-fach Niederfrequenzverstärker



Widerstandsverstärkerschaltung

Bezeichnung	Einheit	Einheit-kurzzeich.	Formel-zeichen	Vielfache und Sonderbezeichnungen (Beispiele)
Spannung Elektromotor. Kraft Elektromotorische Gegenkraft	Volt Volt Volt	V V V	U E Eg	Kilovolt (kV) = 1000 Volt. U_K (od. U) = Klemmenspannung. U_{MP} = Sternspannung (früher Phasenspannung). Uv (od. u) = Spannungsverlust; U_L = Dreieckspannung (früher verkettete Spannung).
Stromstärke	Ampere	A	J	1 Milliampere (mA) = $\frac{1}{1000}$ A; Ja = Ankerstromstärke. Jm = Magnetfeldstromstärke.
Widerstand Leitwert	Ohm Siemens	Ω S	R G	1 Megohm (MΩ) = 1 000 000 Ω; Ra = Ankerwiderstand. Rm = Feldwiderstand. $G = 1 : R$
Kapazität	Farad	F	C	1 Mikrofarad μF = 0,000 001 F = $9 \cdot 10^5$ cm; F = Coulomb : Volt.
Induktivität	Henry	H	L	1 Millihenry (mH) = 0,001 Henry; 1 H = 10^9 cm.
Leistung	Watt	W	N	1 Kilowatt (kW) = 1000 Watt; Nw = Wirkleistung (W); Ns = Scheinleistung (VA); Nb = Blindleistung (W).
	Volt-ampere	VA	Ns	1 Kilovoltampere (kVA) = 1000 VA. 1 W = 1 VA bei Glühlichtbelastung (induktionsfrei). 1 W = 1 VA × cos φ bei Motorenbelastung (induktiv).
Leistungsfaktor	unbenannte Zahl		cos φ	cos φ = Watt geteilt durch Voltampere.
Arbeit	Wattsek.	Wsek	A	1 Kilowattstunde (kWh) = 3 600 000 Wsek.
Elektrizitätsmenge	Coulomb	C	Q	1 Coulomb = 1 Asek; 1 Amperestunde (Ah) = 3600 Asek.
Einheitswiderstand	unbenannte Zahl		ϱ	$\varrho = \frac{\text{Ohm} \times \text{mm}^2 \text{ Querschnitt}}{\text{Meter Länge}} = \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
Einheits-Leitwert	unbenannte Zahl		$\frac{1}{\varrho} = \varkappa$	$\varkappa = \frac{\text{Meter Länge}}{\text{Ohm} \times \text{mm}^2 \text{ Querschnitt}}$
Wirkungsgrad	unbenannte Zahl		η	$\eta = \frac{\text{Abgabe in Watt}}{\text{Aufnahme in Watt}}$ (echter Bruch)
Temperaturzahl	unbenannte Zahl		k	positiv, wenn R mit zunehmender Temperatur steigt (Metalle), negativ, wenn R mit zunehmender Temperatur fällt (Kohle, Flüssigkeiten).
Frequenz	Hertz	Hz	f	f = 2 Polwechsel. 1 Kiloherz (kHz) = 1000 Hertz.

Anmerkung zur Tabelle: Deka = 10-facher, Hekto = 100-facher, Kilo = 1000-facher, Mega (Meg) = 1 000 000-facher Wert. — Dezi = zehnter, Zenti = hundertster. Milli = tausendster, Mikro = millionster Teil.

Reichsgesetz über elektrische Maßeinheiten

Die gesetzlichen Einheiten für elektrische Messungen sind das Ohm, das Ampere und das Volt.

Das **Ohm** ist die Einheit des elektrischen Widerstandes. Es wird dargestellt durch den Widerstand einer Quecksilbersäule von der Temperatur des schmelzenden Eises, deren Länge bei einem Querschnitt von 1 mm² 106,3 cm beträgt.

Das **Ampere** ist die Einheit der elektrischen Stromstärke, dargestellt durch den unveränderlichen elektrischen Strom, der beim Durchgang durch eine wässerige Lösung von Silbernitrat in einer Sekunde 0,001118 g Silber niederschlägt.

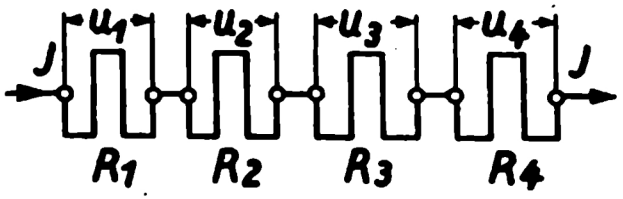
Das **Volt** ist die Einheit der elektromotorischen Kraft, die in einem Leiter, dessen Widerstand ein Ohm beträgt, einen elektrischen Strom von einem Ampere erzeugt

Das Ohmsche Gesetz: Spannung = Stromstärke × Widerstand

$$U = J \cdot R;\quad J = \frac{U}{R};\quad R = \frac{U}{J}$$

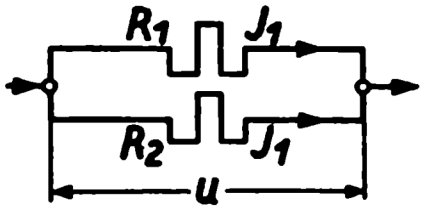
Widerstandsberechnung

$$\text{Widerstand} = \frac{\text{Leiterlänge in m} \times \text{Einheits-Widerstand}}{\text{Querschnitt in mm}^2};\quad R = \frac{l \cdot \varrho}{F} = \frac{l}{\varkappa \cdot F}$$



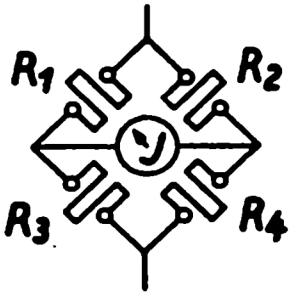
hintereinander geschaltete Widerstände

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$
$$U = U_1 + U_2 + U_3 + U_4$$
$$J = J_1 = J_2 = J_3 = J_4$$



parallel geschaltete Widerstände

$$G = G_1 + G_2;\quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$
$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} \text{ oder } R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$
$$J = J_1 + J_2;\quad \frac{J_1}{J_2} = \frac{R_2}{R_1};\quad U = J \cdot R.$$



Wheatstonesche Brücke

Bei $J = 0$ ist $R_1 \times R_4 = R_2 \times R_3$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

Leitungsberechnung

ϱ = Einheits-Widerstand (für 1 m Länge und 1 mm² Querschnitt). l = Streckenlänge in m (Entfernung vom Speisepunkt bis Verbrauchsstelle). U = Betriebsspannung in Volt. Außenleiterſp. (nicht zw. Außen- und Nulleiter). U_v (oder u) = Spannungsverluſt in Volt vom Anfang bis zum Ende der Leitung. N = zu übertragende Leiſtung in Watt. p = Leiſtungsverluſt in %. J = Strom in einer Leitung in Ampere. F = Querſchnitt der Leitung in mm².

Stromart	Spann.-Verluſt	Querſchnitt mit Rückſ. a. Sp.-Verl.	Leiſtungs-Verluſt	Querſchnitt mit Rückſ. a. Leiſt.-Verl.
Gleichſtrom und Zweileiter-Wechſelſtrom b. induktionsfreier Belaſtung ($2l$ = Hin- u. Rückweg der Leitung)	$U_v = \varrho \frac{2l \cdot J}{F}$	$F = \varrho \frac{2l \cdot J}{U_v}$	$p = \varrho \frac{200 \cdot l \cdot N}{F \cdot U \cdot U}$	$F = \varrho \frac{200 \cdot l \cdot N}{p \cdot U \cdot U}$
	für Kupfer $U_v = \frac{l \cdot J}{28\,F}$	für Kupfer $F = \frac{l \cdot J}{28\,U_v}$	Erforderl. Spannung $U = \sqrt{\varrho \frac{200 \cdot l \cdot N}{F \cdot p}}$	
	$U_v = \varrho \frac{2l \cdot N}{F \cdot U}$	$F = \varrho \frac{2l \cdot N}{U_v \cdot U}$		
Drehſtrom (Freileitungen nach S. 139)	$U_v = \varrho \frac{1{,}73\,l \cdot J \cdot \cos\varphi}{F}$	$F = \varrho \frac{1{,}73\,l \cdot J \cdot \cos\varphi}{U_v}$	$p = \frac{\varrho \cdot 100\,l \cdot N}{F \cdot U \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot \cos\varphi}$	$F = \frac{\varrho \cdot 100\,l \cdot N}{p \cdot U \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot \cos\varphi}$
	$U_v = \varrho \frac{l \cdot N}{F \cdot U}$	$F = \varrho \frac{l \cdot N}{U_v \cdot U}$		

Bei Gleichſtrom und induktionsfreiem Wechſelſtrom iſt der Leiſtungsverluſt proportional dem Spannungsverluſt. — Bei Drehſtrom ſind die Leitungen vor allem auf Leiſtungsverluſt durchzurechnen, auf Spannungsverluſt nur bei Inſtallationsleitungen über 100 m Streckenlänge und bei Freileitungen. — Die gebräuchlichen Formeln ſind umrändert.

Für Kupfer

bei $\cos\varphi = 0{,}8$: $p = \frac{2{,}79 \cdot l \cdot N}{F \cdot U \cdot U}$; $F = \frac{2{,}79 \cdot l \cdot N}{p \cdot U \cdot U}$

bei $\cos\varphi = 1$: $p = \frac{1{,}785 \cdot l \cdot N}{F \cdot U \cdot U}$; $F = \frac{1{,}785 \cdot l \cdot N}{p \cdot U \cdot U}$

Erforderl. Spannung $U = \sqrt{\varrho \frac{100\,l \cdot N}{F \cdot p \cdot \cos\varphi \cdot \cos\varphi}}$

1. Beiſpiel (zu S. 139): In einer el. Leitung iſt J = 150 A. Dann iſt F für feſte Verlegung in Rohr Cu mind. 70 mm² (Al 95 mm²), für bewegl. Leitg. (ausſetzender Betrieb) Cu mind. 50 mm².

2. Beiſpiel: In 35 mm² Gleichſtrom-Cu-Leitung fließen in l = 1000 m Entfernung J = 8 Ampere. Dann iſt l · J = 8000 mA. Daher U_v = 8 **Volt** Spannungsverluſt.

3. Beispiel: In einer Gleichstromleitung von $F = 35$ mm² und $l = 500$ m Streckenlänge (= 1000 m Gesamtlänge) ist $Uv = 8$ V. Dann beträgt die Stromstärke $J = 8000 : 500 = 16$ **Ampere.**

4. Beispiel: Eine Gleichstrom-Kabelleitung von $F = 400$ mm² bei 300 Amp. u. $Uv = 14$ V ist $l = 160\,000 : 300 = 533{,}3$ m lang (vom Speisepunkt bis zum Verbraucher).

Berechnung elektrischer Leitungen auf Spannungsverlust

Einheitswiderstand ϱ bei 15°: **Kupfer** = 0,0175, **Aluminium** = 0,0287

Belastung in A gummiisolierte Leitung Kupfer bzw. Aluminium											Streckenlänge × Ampere Kupferleitung							
Querschnitt	dauernd zulässig für jeden Leiter höchstens A (Ampere)				bewegliche Leiter	Nennstromstärke für Schmelzsicherung				bewegliche Leiter	Spannungsverlust Uv (oder u) für Gleichstrom und induktionsfreien Zweileiter-Wechselstrom							Widerstand für 1000 m Länge in Ohm
	feste Verlegung					feste Verlegung					4 V	6 V	8 V	10 V	12 V	14 V	16 V	
	in Rohr		in Luft			in Rohr		in Luft			Streckenlänge in m × Nennstromstärke = $l \cdot J$							
mm²	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Nur für Fassungsadern, Pendelschnüre, Zimmerschnüre, leichte und mittlere Gummischlauchleitungen							
0,75	—	—	—	—	10	—	—	—	—	6								
1	12	—	—	—	12	6	—	—	—	6								
1,5	16	—	—	—	16	10	—	—	—	10	171	257	343	428	514	600	685	11,67
2,5	21	17	—	—	27	15	10	—	—	20	286	428	571	714	857	1 000	1 140	7,000
4	27	22	—	—	35	20	15	—	—	25	457	658	914	1 140	1 370	1 600	1 830	4,375
6	35	28	—	—	48	25	20	—	—	35	685	1 030	1 370	1 710	2 060	2 400	2 740	2,917
10	48	38	—	—	66	35	25	—	—	50	1 140	1 710	2 280	2 860	3 430	4 000	4 570	1,750
16	66	53	—	—	90	60	35	—	—	80	1 830	2 740	3 650	4 570	5 480	6 400	7 310	1,094
25	90	72	—	—	110	80	60	—	—	100	2 860	4 280	5 710	7 140	8 570	10 000	11 400	0,700
35	110	90	—	—	140	100	80	—	—	125	4 000	6 000	8 000	10 000	12 000	14 000	16 000	0,500
50	140	110	—	—	175	125	100	—	—	160	5 710	8 570	11 400	14 300	17 100	20 000	22 800	0,350
70	175	140	230	185	215	160	125	200	160	200	7 990	12 000	16 000	20 000	24 000	28 000	32 000	0,250
95	215	175	290	230	260	200	160	260	200	225	10 900	16 300	21 700	27 100	32 600	38 000	43 400	0,184
120	255	205	350	280	305	225	200	300	260	260	13 700	20 600	27 400	34 300	41 100	48 000	54 800	0,146
150	295	235	410	330	350	260	225	350	300	300	17 100	25 700	34 300	42 800	51 400	60 000	68 500	0,117
185	340	270	480	385	400	300	260	430	350	350	21 200	31 800	42 400	53 000	63 600	74 200	84 800	0,0964
240	400	320	570	455	480	350	300	500	400	430	27 400	41 100	54 800	68 500	82 200	95 900	109 600	0,0729
300	470	375	660	530	570	430	350	600	500	500	34 200	51 400	68 500	85 600	102 500	120 000	137 000	0,0584

Verhältnis der Spannungsverluste Kupfer 1 : Aluminium 1,61 : Aldrey 1,87 : Eisen 7,5.

Berechnung elektr. Kupferleitungen auf Leistungsverlust

Querschnitt mm²	Nennstromstärke der Sicherung Amp.	Zulässige Belastung und Verlust		Gleichstrom 110 Volt	Gleichstrom 220 Volt	Gleichstrom 440 Volt	Gleichstrom 500 Volt	Drehstrom 125 Volt cos φ = 1,0	125 Volt cos φ = 0,8	125 Volt cos φ = 0,6	220 Volt cos φ = 1,0	220 Volt cos φ = 0,8	220 Volt cos φ = 0,6	380 Volt cos φ = 1,0	380 Volt cos φ = 0,8	380 Volt cos φ = 0,6	500 Volt cos φ = 1,0	500 Volt cos φ = 0,8	500 Volt cos φ = 0,6
1	6	Höchstbelastg.	kW	0,66	1,32	2,64	3,0	1,3	1,04	0,78	2,28	1,824	1,77	3,944	3,155	2,37	5,19	4,152	3,114
		Leistungsverlust je 100 m Streckenlänge	kW	1,286	1,286	1,286	1,286	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193
			%	19,5	9,75	4,875	4,28	14,8	18,6	24,76	8,41	10,6	14,0	4,88	6,10	8,15	3,7	4,65	6,2
1,5	10	Höchstbelastg.	kW	1,1	2,2	4,4	5,0	2,16	1,728	1,296	3,81	3,04	2,28	6,574	5,26	3,944	8,65	6,92	5,19
		Leistungsverlust je 100 m Streckenlänge	kW	0,238	0,238	0,238	0,238	0,355	0,355	0,355	0,355	0,355	0,355	0,355	0,355	0,355	0,355	0,355	0,355
			%	21,6	10,8	5,4	4,76	16,45	20,6	27,4	9,36	11,7	15,6	5,41	6,75	9,0	4,1	5,13	6,85
2,5	15	Höchstbelastg.	kW	1,65	3,3	6,6	7,5	3,24	2,592	1,944	5,7	4,56	3,42	9,861	7,89	5,92	12,975	10,38	7,785
		Leistungsverlust je 100 m Streckenlänge	kW	0,321	0,321	0,321	0,321	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	4,48	0,48
			%	19,48	9,74	4,87	4,28	14,8	18,5	24,62	8,4	10,5	14	4,87	6,10	8,10	3,71	4,63	6,16
4	20	Höchstbelastg.	kW	2,2	4,4	8,8	10	4,32	3,456	2,592	7,61	6,10	4,56	13,15	10,52	7,89	17,3	13,84	10,38
		Leistungsverlust je 100 m Streckenlänge	kW	0,357	0,357	0,357	0,357	0,533	0,533	0,533	0,533	0,533	0,533	0,533	0,533	0,533	0,533	0,533	0,533
			%	16,24	8,12	4,06	3,57	12,3	15,4	20,6	7,02	8,8	11,7	4,05	5,07	6,76	3,08	3,85	5,14
6	25	Höchstbelastg.	kW	2,75	5,5	11	12,5	5,41	4,328	3,246	9,52	7,62	5,71	16,44	13,15	9,86	21,625	17,30	12,975
		Leistungsverlust je 100 m Streckenlänge	kW	0,372	0,372	0,372	0,372	0,557	0,557	0,557	0,557	0,557	0,557	0,557	0,557	0,557	0,557	0,557	0,557
			%	13,52	6,76	3,38	2,976	10,3	12,86	17,2	5,85	7,32	9,75	3,39	4,24	5,65	2,57	3,22	4,3

10	35	Höchstbelastg.	kW	3,85	7,7	15,4	17,5	7,57	6,056	4,542	13,31	10,65	7,98	23,0	18,4	13,8	30,275	24,22	18,165
		Leistungsverlust je 100 m Streckenlänge	kW	0,437	0,437	0,437	0,437	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655
			%	11,36	5,68	2,84	2,5	8,65	10,8	14,4	4,91	6,15	8,19	2,84	3,56	4,75	2,16	2,7	3,6
16	60	Höchstbelastg.	kW	6,6	13,2	26,4	30	12,98	10,384	7,788	22,80	18,24	13,68	39,444	31,56	23,67	51,9	41,52	31,14
		Leistungsverlust je 100 m Streckenlänge	kW	0,804	0,804	0,804	0,804	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
			%	12,16	6,08	3,04	2,68	9,26	11,6	15,4	5,26	6,57	8,76	3,05	3,81	5,07	2,32	2,90	3,86
25	80	Höchstbelastg.	kW	8,8	17,6	35,2	40	17,30	13,84	10,38	30,4	24,3	18,24	52,59	42,07	31,55	69,2	55,36	41,52
		Leistungsverlust je 100 m Streckenlänge	kW	0,914	0,914	0,914	0,914	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37
			%	10,4	5,2	2,6	2,28	7,9	9,9	13,2	4,5	5,6	7,5	2,6	3,26	4,35	1,98	2,48	3,3
35	100	Höchstbelastg.	kW	11	22	44	50	21,63	17,304	12,978	38,10	30,4	22,86	65,74	52,59	39,44	86,5	69,2	51,9
		Leistungsverlust je 100 m Streckenlänge	kW	1,02	1,02	1,02	1,02	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53
			%	9,28	4,64	2,32	2,04	7,07	8,82	11,8	4,0	5,0	6,7	2,32	2,91	3,88	1,77	2,21	2,94
50	125	Höchstbelastg.	kW	13,75	27,5	55	62,5	27,03	21,624	16,218	47,6	38,1	28,6	82,165	65,73	49,3	108,25	86,6	64,95
		Leistungsverlust je 100 m Streckenlänge	kW	1,113	1,113	1,113	1,113	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67
			%	8,12	4,06	2,03	1,79	6,2	7,73	10,3	3,5	4,4	5,85	2,03	2,54	3,39	1,54	1,93	2,58
70	160	Höchstbelastg.	kW	17,6	35,2	70,4	80	34,60	27,68	20,76	61,00	48,8	36,6	105,18	84,14	63,11	138,4	110,72	83,04
		Leistungsverlust je 100 m Streckenlänge	kW	1,306	1,306	1,306	1,306	1,955	1,955	1,955	1,955	1,955	1,955	1,955	1,955	1,955	1,955	1,955	1,955
			%	7,44	3,72	1,86	1,63	5,65	7,06	9,4	3,2	4,0	5,35	1,86	2,32	3,1	1,41	1,77	2,35
95	200	Höchstbelastg.	kW	22	44	88	100	43,25	34,60	25,95	76,2	61,0	45,7	131,5	105,2	78,9	173	138,4	103,8
		Leistungsverlust je 100 m Streckenlänge	kW	1,5	1,5	1,5	1,5	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
			%	6,84	3,42	1,71	1,51	5,2	6,5	8,65	2,96	3,7	4,92	1,715	2,14	2,86	1,3	1,62	2,17

Einheitswiderstand, Einheitsleitwert, Temperaturzahl und Einheitsgewicht von Leitern bei 20° C

Bezogen auf 1 mm² Querschnitt und 1 m Länge

Werkstoff	Einheitswiderstand	Einheitsleitwert	Wärmegradzahl	Einht.-gewicht
a) Reine Metalle	ϱ	$\varkappa$	α	γ
Aluminium	0,0287	34,8	+0,004	2,7
Blei	0,21	4,8	+0,00387	11,4
Eisen (WM 13)	0,13	7,7	+0,0048	7,9
Kupfer	0,0175	57,1	+0,0038	8,9
Nickel	0,10	10,0	+0,004	8,7
Platin	0,11	9,0	+0,0024	21,3
Quecksilber	0,95	1,05	+0,0009	13,6
Silber	0,016	62,5	+0,00377	10,5
Wolfram	0,0055	182	+0,0041	19,1
Zink	0,06	16,7	+0,0037	7,1
Zinn	0,13	7,7	+0,0042	7,3
b) Legierungen				
Aldrey	0,0333	30,0	+0,0036	2,7
Chromnickel (WM 100)	1,1	0,91	0,00025	8,5
Eisenchromaluminium (WM 140)	1,4	0,71	0,002	7,2
Elektron	0,0833	12···18	i. M. 0,0000263	1,8
Konstantan, Rheotan	0,50	2,0	—0,000005	8,9
Messing	0.074	13,5	0,0015	8,6
Neusilber } WM 30	0,30	3,3	+0,0002···0,0007	8,7
Nickelin (2) } WM 30	0,30	3,3	+0,00023	8,7
Nickel-Chrom-Stahl	1,0	1,0	0,00025	8,3
c) Sonstige Leiter				
Dochtkohlenstifte	70	0,014	—0,0002 bis 0,0007	≈2,0
Glühsalz BaCl bei 1000°	≈5000	0,0002		
Graphit	20···100	0,05···0,01		
Kohlenstifte homogen	65	0,015		
Retortenkohle	100	0,01		
Silit (SiC)	≈1000	0,001		

Einh.-Widerstand von Isolierstoffen

$$= \text{Widerstand eines Würfels von 1 cm}^3.$$

$$= \frac{\text{Durchgangswiderstand} \times \text{Fläche (cm}^2\text{)}}{\text{geteilt durch Dicke (cm)}}$$

$$= \frac{\Omega \text{ (oder M}\Omega\text{)} \cdot F}{\text{geteilt durch Dicke}} = \Omega \text{ (oder M}\Omega\text{) cm}$$

Gleichstrom 1000 V bei 20° C und 80% relativer Luftfeuchtigkeit:	MΩ/cm	Vergleichszahl
Schiefer	$1 \cdot 10^3$	0,000001
Fiber	$2 \cdot 10^4$	0,00002
Zelluloid	$2 \cdot 10^4$	0,00002
Marmor	$2 \cdot 10^5$	0,0001
Opalglas	$1 \cdot 10^6$	0,001
Fensterglas	$2 \cdot 10^7$	0,02
Tafelglas	$5 \cdot 10^7$	0,05
Porzellan unglasiert	$3 \cdot 10^8$	0,3
Guttapercha	$(4{,}5 \cdots 10) \cdot 10^8$	0,45···1
Mikanit	$1 \cdot 10^9$	1
Amber, Glimmer	$2 \cdot 10^9$	2
Jute	$(1{,}8 \cdots 3{,}7) \cdot 10^9$	1,8···3,7
Vulk. Weichgummi	$(1{,}5 \cdots 10) \cdot 10^9$	1,5···10
Schellack	$1 \cdot 10^{10}$	10
Kunstharz	$1 \cdot 10^{10}$	10
Naturgummi	$1 \cdot 10^{10}$	10
Paraffin	$(1 \cdots 3{,}4) \cdot 10^{10}$	10···3,4
Flintglas	$3{,}4 \cdot 10^{10}$	34
Kolophonium	$5 \cdot 10^{10}$	50
Schwefel	$1 \cdot 10^{11}$	100
Hartgummi	$(1 \cdots 3) \cdot 10^{11}$	100···300
Quarz	$5 \cdot 10^{12}$	5000

Die Vergleichszahlen sind auf den Einheitswiderstand von Mikanit = 1 bezogen.

Strombelastungsfähigkeit blanker Widerstandsdrähte

Querschnitt	Durchmesser	Widerstandsdrähte (Konstantan) (WM 50)							
		Dauerbetrieb		Kranbetrieb (Kontroller)		Anlasser mit Luftkühlung		Anlasser mit Oelkühlung	
		Amp.	Amp.	Amp.	Amp.	Amp.	Amp.	Amp.	Amp.
mm²	mm		mm²		mm²		mm²		mm²
0,0078	0,1	0,077	9,9	0,13	17	0,19	24	0,35	45
0,0314	0,2	0,24	7,6	0,4	13	0,58	18	1,1	34
0,0707	0,3	0,47	6,7	0,8	11	1,1	16	2,1	30
0,126	0,4	0,76	6,0	1,3	10	1,8	14	3,4	27
0,196	0,5	1,1	5,6	1,9	10	2,6	13	5	25
0,283	0,6	1,5	5,3	2,6	9	3,6	13	7	24
0,385	0,7	1,9	5,0	3,3	8,5	4,5	12	9	22
0,503	0,8	2,4	4,8	4,1	8,3	5,7	11,5	11	22
0,636	0,9	2,9	4,6	5	8	7	11	13	21
0,785	1,0	3,5	4,4	6	7,6	8,5	10,5	16	20
0,95	1,1	4,1	4,3	7	7,4	10	10	18	20
1,13	1,2	4,7	4,1	8	7	11,5	10	21	18
1,33	1,3	5,4	4,0	9,3	7	13	9,5	24	18
1,54	1,4	6,2	4,0	10,5	7	15	9,5	28	18
1,77	1,5	6,9	3,9	12	6,8	17	9,5	31	18
2,01	1,6	7,6	3,8	13,5	6,6	18	9	34	17
2,27	1,7	8,5	3,7	15	6,5	20	8,8	39	17
2,54	1,8	9,3	3,6	16	6,3	22	8,6	42	16
2,84	1,9	10,2	3,6	17,5	6,2	24	8,6	46	16
3,14	2,0	11,1	3,5	19	6	27	8,4	50	16
3,80	2,2	13,0	3,4	22,4	5,9	31	8,2	58	15,3
4,91	2,5	16,1	3,3	28	5,7	39	8,0	70	15
6,16	2,8	19,5	3,2	33,6	5,4	46	7,5	88	14,2
7,07	3,0	21,3	3,0	37	5,2	50	7,0	95	13,5
8,55	3,3	25,6	3,0	44	5,1	60	7,0	115	13,5
9,62	3,5	28,2	2,9	50	5	70	7,0	130	13

1. Beispiel: Bei einem Widerstandsdraht von 2,5 mm ∅ beträgt der Querschnitt 4,91 mm². — Die Belastung bei Kranbetrieb **beträgt 28 Amp.; für 1 mm² demnach 28 : 4,91 = 5,7 Amp.** Als normale gezogene Widerstandsbaustoffe gelten:

a) Kupfer-Nickel-Mangan-Legierungen mit einem Einheits-Widerstand von 0,50 (0,47 bis 0,51) Ω mm²/m. Sie müssen frei von Zink und Eisen sein. Bezeichnung: WM 50. Für Draht 0,1 bis 10 mm (Anlasser, Regler).

b) Legierungen (Eisen-Nickel, Chrom-Nickel, Chrom-Nickel-Eisen) mit einem Einheits-Widerstand von 1,0 (0,85 bis 1,1) Ω mm²/m. Bezeichnung: WM 100. Für hochohmige Widerstände (Vorschalt- und Parallelwiderstände von Magnetwicklungen usw.) sowie für hohe Temperaturbeanspruchung. Drahtstärke 0,1 ··· 10 mm.

c) Stahldraht, verzinkt oder verzinnt als Rostschutz, mit einem Einheits-Widerstand von 0,13 (0,12 bis 0,14) Ω mm²/m. Bezeichnung: WM 13. Für Anlasser, nicht für Regelanlasser und Feldregler. Drahtstärke 0,5 ··· 4 mm.

d) Kupfer-Nickel-Legierungen, die auch Zink enthalten dürfen, mit einem Einheits-Widerstand von 0,30 (0,28 bis 0,32) Ω mm²/m. Sie müssen frei von Eisen sein. Bezeichnung: WM 30. Nur für größere Stromstärken (Feldregler, Hauptstrom-Regelanlasser usw.). Drahtstärke 1,6 ··· 4 mm.

Isolierte Leitungen

nach der Hauptvorschrift VII. (VDE 0250), schwarz-rote Kennfäden

Gummiaderleitung (NGA, NGAW). Nahtlose Gummihülle aus mindestens 2 Lagen, Umwicklung mit gummiertem Band, getränkte Baumwoll-(Hanf-)beflechtung. NGAW-Leitungen haben wetterfeste Beflechtung mit Papierzwischenlage.

Sondergummiaderleitung (NSGA). Mehrfache nahtlose Gummihüllen, Umwicklung mit gummiertem Band, getränkte Baumwoll-(Hanf-)beflechtung.

Rohrdrähte nur für erkennbare Verlegung auf Putz (NRA, NRU, NRG). Nahtlose Gummihülle, Umwicklung mit gummiertem Band, isolierende Hülle von mindestens 0,4 mm Wandstärke, (bei 10 mm² mindestens 0,6 mm) gefalzter eng anliegender Metall- (nicht Blei-)Mantel von mindestens 0,2 mm Wandstärke. NRG-Drähte haben eine Gummifüllung an Stelle der Faserstoff- oder Bitumenfüllung der NRA-Drähte, NRU-Drähte außerdem besondere Hülle über Metallmantel und Beidraht.

Nach den Umstellvorschriften VDE 0250 U schwarz-rot-grüne Kennfäden

Anmerkung:

Die Umstellvorschriften (UV) enthalten in der Hauptsache folgende Aenderungen:

1. **Leiter:** Aluminium ist für NGA (UV), NSGA (UV) und NPA (UV) von 25 mm² aufwärts zulässig. Bei NPL (UV), NPLR (UV), NSA (UV), NLG (UV), NLH (UV), NMH (UV), NSH (UV), NFL (UV), NFLG (UV), NTK (UV), NTSK (UV) und NT (UV) bis zum Querschnitt von 6 mm² dürfen die Verzinnung der Kupferleiter und die Leiterbespinnungen aus Baumwolle und Kunstseide wegfallen, wenn über dem Kupferleiter eine überlappte Bespinnung aus gefärbter Glashaut angeordnet wird.
2. **Die Zusammensetzung der Gummihülle** ist nicht mehr vorgeschrieben, dafür ist die Alterungsprüfung erweitert.
3. **Kunstfaserbeflechtung** kann an Stelle von Baumwollbeflechtung treten. Kunst- und Mischfaser sind für Ausfüllstoffe zugelassen.
4. **Das Gewicht der Bleiauflage** der Stahlbänder von Rohrdrähten ist auf mindestens 2,5 g/dm² festgelegt (3,4 g/dm² in der Hauptvorschrift).

Bezeichnung		Nennspannung	Bauart des Leiters	Aufbau der Isolation
			a) Feste Verlegung	
Kabelähnliche Leitungen, Bleimantelleitungen nur für Verlegung über Putz (nicht unter Erde)	NBU NBEU	250 Volt	1,5 ··· 6 mm² massiv, 10 mm² mehrdrähtig mit Schutzleiter unter dem Bleimantel aus verzinntem Kupfer; von 1 mm² für Leiter von 1,5 u. 2,5 mm²; 1,5 mm² für Leiter von 4 und 6 mm²; 2,5 mm² für Leiter von 10 mm²	Verseilte, mit Gummi umpreßte NGA-Adern, umpreßt mit eng anliegendem, nahtlosem Bleimantel. Darauf Umhüllung mit mindestens 2 in chemisch widerstandsfähiger Masse gebetteten Papierlagen und Beflechtung mit in gleicher Masse getränkten Faserstoffen. NBEU hat zwischen den Papierlagen noch eine 2-lagige Bandstahlbewehrung von 0,2 mm Stärke.

Fassungsadern (als Zuleitungen unzulässig)	NFA NFSA	250 Volt	**b) Leitungen für Beleuchtungskörper** 0,75 mm² ein- oder mehrdrähtig (Durchmesser der Einzeldrähte bei mehrdrähtigen nicht mehr als 0,15 mm)	Nahtlose Gummihülle 0,6 mm Wandstärke. Beflechtung Baumwolle, Seide, Garn. Doppeladern gemeinsame Beflechtung. Fassungsadern für Spiraldrahtzüge (NFSA) eine Stahlseele 0,32 mm ∅ u. Kupferdrähte 0,32 mm ∅, die um den Stahldraht verseilt sind, darüber dichte Baumwollbespinnung.
Pendelschnur für Schnur- und Zugpendel	NPL NPLR	250 Volt	0,75 mm² mehrdrähtig aus Einzeldrähten von nicht mehr als 0,15 mm Durchmesser	Baumwollbespinnung, nahtlos vulkanisierte Gummihülle von 0,6 mm Wandstärke mit Tragschnur oder -seil verseilt. Gemeinsame Beflechtung aus Baumwolle, Seide, Garn. NPL = Einfachpendelschnur, NPLR = Zweifachpendelschnur (rd.).
			c) Leitungen für ortsveränderliche Stromverbraucher (bewegliche Leitungen)	
Gummiaderschnüre (Zimmerschnüre) (für geringe mechanische Beanspruchung in trockenen Räumen)	NSA	250 Volt	0,75 ··· 6 mm² mehrf.; 0,75 mm² Drähte höchst. 0,15 mm ∅, 1 mm² Drähte höchst. 0,2 mm ∅; 1,5 u. 2,5 mm² Drähte höchst. 0,25 mm² ∅ mit Baumwolle besponnen. Von 4···6 mm² Drähte höchst. 0,3 mm² ∅ ohne Baumwollbespinnung	Nahtlose vulkanisierte Gummihülle, Beflechtung aus Baumwolle, Seide, Garn. Runde und flache Mehrfachschnüre, gemeinsame Beflechtung. Mehrfachschnüre ohne gemeinsame Beflechtung sind unzulässig.
Werkstattschnüre (für Werkstätten und Wirtschaftsräume)	NWK	250 Volt	1,5 bis 35 mm² mehrf. 1,5···2,5 mm² } wie vor. 4 ··· 6 mm² } über 6 mm² Drähte (höchst. 0,4 mm ∅ auch für den Schutzleiter)	Nahtlose Gummihülle, jede Ader mit gummiertem Band bewickelt, die Adern sind verseilt, mit Faserstoff dicht beflochten, darüber zweite Beflechtung aus Hanfkordel und dgl.
Gummischlauchleitungen geringe Beanspruchung	NLH NLHG	250 Volt	0,75 mm² mehrfach wie bei NPL	(Baumwollbespinnung). Nahtlose vulkanisierte Gummihülle von 0,5 mm Wandstärke. **Bei NSH Bandbewicklung.** Preßgummimantel auch mit Beflechtung (NLHG) (bei NSH zweiter Gummimantel mit Bandzwischenlage).
mittlere Beanspruchung	NMH		0,75 ··· 2,5 mm² mehrfach wie bei NSA	
hohe mechanische Beanspruchung	NSH	250 Volt	1,5 ··· 70 mm² mehrfach wie bei NWK	

Bezeichnung		Nennspannung	Bauart des Leiters	Aufbau der Isolation
Sonderschnüre für rauhe Betriebe	NSGK	250 Volt	1,5 ··· 35 mm² mehrfach wie bei den Werkstattschnüren mit Schutzleiter	Nahtlose Gummihülle, jede Ader mit gummiertem Band bewickelt, die Adern verseilt und mit Gummi dicht umpreßt. Bewicklung mit gummiertem Band, Umflechtung aus Faserstoff.
Hochspannungsschnüre	NHSGK	1000 Volt	1,5 ··· 16 mm² mehrfach wie bei den Werkstattschnüren	Nahtlose Hülle, jede Ader wie $\frac{\text{NSGA}}{2}$ weiter wie NSGK-Schnüre.
Aufzugsteuerleitungen für Innenräume, fürs Freie	NFLG		2, 6, 9, 12 od. 16 Adern mit 1,5 mm² mehrdrähtig höchstens 0,15 mm ∅ Baumwollbespinnung, vulkanisierte Gummihülle von 1,2 mm Wandstärke, Gummibandwicklung, versch. farbige Baumwollbeflechtung	Jutekern, um den die Adern in einer Lage verseilt sind, Bandbewicklung, zwei Beflechtungen (Baumwolle, Jute, Hanf). Aeußere Beflechtung getränkt (Glanzgarn). Bei NFLG über die Bandbewicklung 1,5 mm dicker Gummimantel, hierüber eine äußere Beflechtung wie vor.
Biegsame Theaterleitungen: Soffittenleitungen Versatzleitungen	NTK NTSK	250 Volt	von 2,5 mm² ab (wie bei NWK)	Gummihülle wie bei $\frac{\text{NSGA}}{2}$ mit gummiertem Band bewickelt, verseilt, getränkte Bandbewicklung, Jutebeflechtung. NTK = Glanzgarnbeflechtung, NTSK = Umhüllung aus Segeltuch.
Leitungstrossen zur Führung über Leitrollen und Trommeln (Kranleitungen, Abteufleitungen, Schießleitung) auch selbsttragend mit Drahtseilanlage	NT	Bis 250 Volt wie NGA über 250 Volt wie NSGA	2,5 ··· 150 mm² mehrdrähtig. Einzeldrähte nicht über 0,7 mm ∅. Mit Schutzleiter aus verzinntem Kupfer gleichen Querschnittes (höchstens 50 mm²)	Bis 250 Volt Isolierung wie bei NGA und ausreichend biegsame, widerstandsfähige Bewehrung. Ueber 250 Volt Isolierung wie bei NGSA Metallbewehrungsdrähte nicht unter 0,5 mm ∅. Darunter Schutzpolster (feuchtigkeitsbeständig).
			d) Umhüllte Leitungen (VDE 0252)	
Wetterfeste Leitungen	PLWA (Aluminium) PLWC (Kupfer) PLWB (Bronze)		Freileitungen nach DIN VDE 8300, 8201	1. Rote wetterfeste Masse. 2 Papier-, 1 Baumwollage. 2. Wetterfeste Masse. Beflechtung aus rot getränkter Baumwolle oder Hanf.
Mittelleiterdrähte	NLC NLA	0 Volt	1,5 ··· 16 mm² massiv bis 500 mm² mehrdrähtig	In wetterfester Masse (grau), getränkte Beflechtung.
Mittelleiter im Erdboden	NE NBE	0 Volt	4 ··· 10 mm² massiv bis 500 mm² mehrdrähtig	Zähe Asphaltmasse, getränktes Papier, Jute. Bei NBE noch Bleimasse zwischen Leiter und Umhüllung.

Mindestabstände von Leitungen

		Offen verlegte isolierte Leitungen			Ungeerdete blanke Leitungen			
					Bei Spannweite von			
	Abstand	im Freien	in Gebäuden	in feuchten Räumen	bis 1 m Zellenschalterleitung u. dgl.	1—4 m	4—6 m	über 6 m
Bei Niederspannung	von einander	Gegeben durch die Befestigungsmittel		5 cm	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm
	vom Erdboden im Freien	2,5 m	Außer Handbereich	2,5 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m
	von Wänden u. Gebäudeteilen	2 cm	1 cm	5 cm	5 cm	5 cm	5 cm	5 cm
Bei Hochspannung	von einander, von Wänden und Gebäudeteilen und Schutzverkleidungen	unt. 1000 V. 2 cm bis 1500 V. 5 „ „ 3000 V. 7,5 „ „ 6000 V. 10,0 „ „ 12000 V. 12,5 „ „ 24000 V. 18 „ „ 35000 V. 24 „		— — — — — — —	nur bis 1000 V. 5 cm	bis 1500 V. 5 cm „ 3000 V. 7,5 „ „ 6000 V. 10 „ „ 14000 V. 12,5 „ „ 24000 V. 18 „ „ 35000 V. 24 „		
	von der äußeren Gebäudewand	1 cm je 1000 V. aber mindestens 10 cm	—	—	1 cm je 1000 V., aber mindestens 10 cm			
	vom Erdboden im Freien (ungeschützt)	6 m, über befahrenen Wegübergängen 7 m	—	—	6 m, über befahrenen Wegübergängen 7 m			

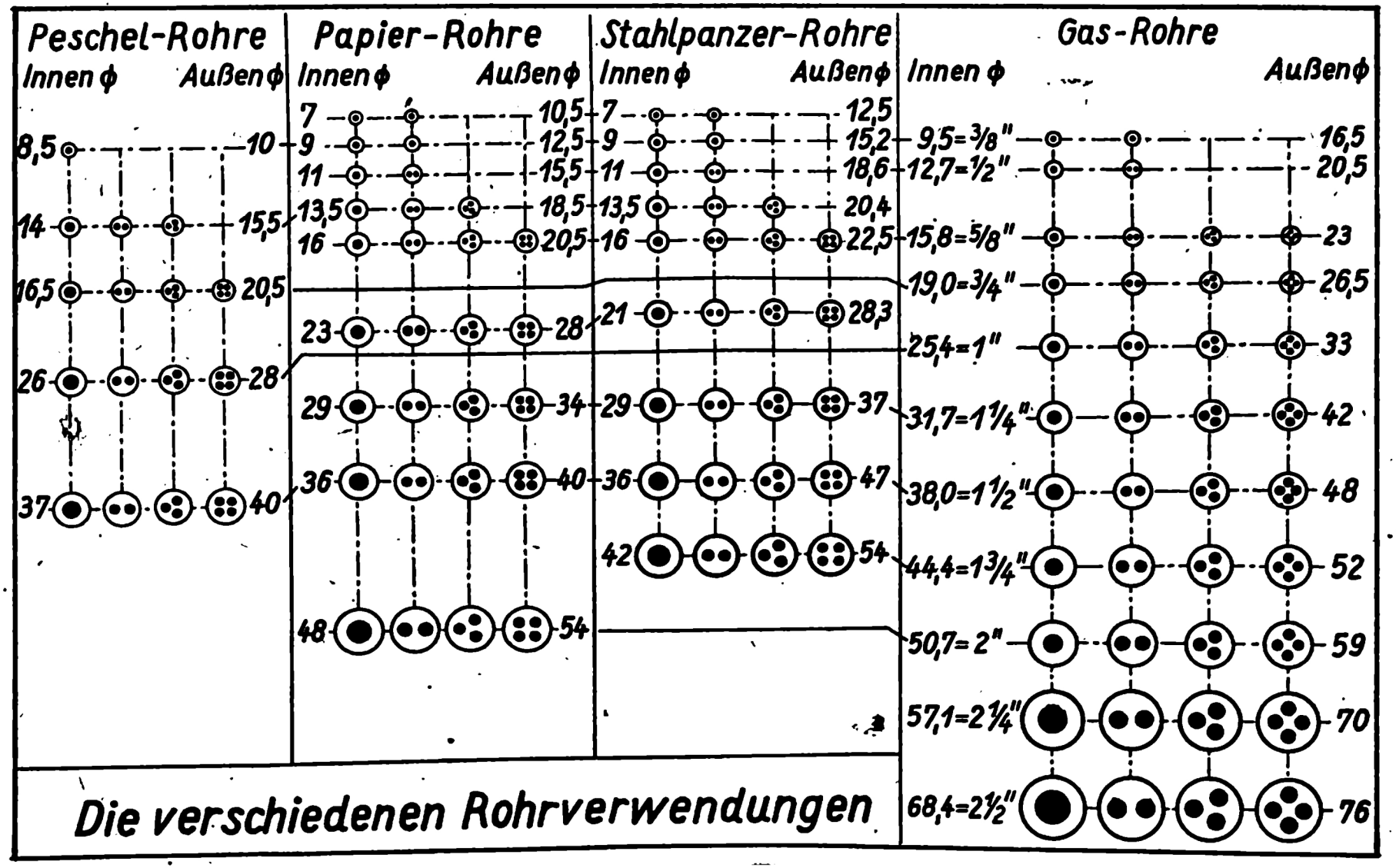
Ungeschützte Spannung gegen Erde führende Teile zugänglicher Schalttafelrückseiten von der gegenüberliegenden Wand bei Niederspannung 1 m, bei Hochspannung 1,5 m.

Rohrweiten nach DIN VDE 9048/9049

Lichte Weite von Peschelrohren (P) und Isolierrohren (J) [1]) sowie Gasrohren (G) für eine oder mehrere isolierte Leitungen auf und in der Wand.

Leitungsquerschnitt Cu	1 NGA			2 NGA			3 NGA			4 NGA		
mm²	P mm	J mm	G Zoll	P mm	J mm	G Zoll	P mm	J mm	G Zoll	P mm	J mm	G Zoll
Für Rohre auf der Wand												
1	8	9	3/8	14	13,5 [2])	1/2	14	13,5 [2])	5/8	14	13,5	5/8
1,5	8	9	3/8	14	13,5	5/8	14	13,5	5/8	18 [2])	16 [2])	5/8
2,5	8	9	1/2	14	16 [2])	5/8	18	16	5/8	18	23	3/4
4	14	11	1/2	18	16	5/8	18	16	3/4	26 [2])	23	1
6	14	11	5/8	18	23	3/4	26	23	1	26	23	1
10	14	13,5	5/8	26	23 [2])	1	26	23	1	37 [2])	29 [2])	1
16	18 [2])	13,5	5/8	26	23	1	37 [2])	29	1 1/4	37	36	1 1/4
25	18	16	3/4	37 [2])	29	1 1/4	37	36	1 1/2	37	36	1 1/2
35	26 [2])	23	1	37	36	1 1/4	37	36	1 1/2	—	48 [3])	1 1/2
50	26	23 [2])	1	37	36	1 1/2	—	48 [3])	1 3/4	—	48 [3])	1 3/4
70	26	23	1 1/4	—	48 [3])	1 1/2	—	48 [3])	1 3/4	—	—	2
95	26	29	1 1/2	—	48 [3])	1 3/4	—	—	2	—	—	2 1/4
120	37 [2])	29	1 1/2	—	—	2	—	—	2 1/4	—	—	2 1/2
150	37	36	1 3/4	—	—	2 1/4	—	—	2 1/2	—	—	—
Für Rohre in der Wand												
1	8	13,5		14	13,5		14	13,5		18	16	
1,5	8	13,5		14	16 [2])		14	16		18	23	
2,5	14	13,5		14	16		18	23		18	23	
4	14	13,5		18	23		18	23		26	23	
6	14	13,5		18	23		26	23		26	29	
10	18	13,5		26	23		26	29 [2])		37	29	
16	18	16		26	29		37	29		37	36	
25	26	23		37	36		37	36		—	36	
35	26	23		37	36		37	36		—	48	
50	26	23		37	48 [3])		—	48		—	48	
70	26	29		—	48		—	—		—	—	
95	37	36 [2])		—	—		—	—		—	—	
120	37	36		—	—		—	—		—	—	
150	37	48 [3])		—	—		—	—		—	—	

[1]) Die Zahlen gelten auch für Stahlpanzerrohre. [2]) Für kürzere Leitungsstrecken (z. B. Abzweig zum Schalter) kann Rohr von nächst kleinerem Durchmesser verwendet werden. [3]) Für Stahlpanzerrohre 42 mm.



Die verschiedenen Rohrverwendungen

Stromverbrauch bei Vollast- u. Mindest-Kupferquerschnitt. Offene Gleichstrommotoren:

	Nennleistung (Leistungsabgabe) kW	PS ≈	Drehzahl in der Minute n	Wirkungsgrad in % η	110 Volt: Stromstärke in der Zuleitung Amp.	110 Volt: Sicherung Amp.	110 Volt: Querschn. Zuleitung mm²	110 Volt: Querschn. Magnetfeldltg.b. Nebenschlußmot. mm²	220 Volt: Stromstärke in der Zuleitung Amp.	220 Volt: Sicherung Amp.	220 Volt: Querschn. Zuleitung mm²	220 Volt: Querschn. Magnetfeldltg.b. Nebenschlußmot. mm²	440 Volt: Stromstärke in der Zuleitung Amp.	440 Volt: Sicherung Amp.	440 Volt: Querschn. Zuleitung mm²	440 Volt: Querschn. Magnetfeldltg.b. Nebenschlußmot. mm²	500 Volt: Stromstärke in der Zuleitung Amp.	500 Volt: Sicherung Amp.	500 Volt: Querschn. Zuleitung mm²	500 Volt: Querschn. Magnetfeldltg.b. Nebenschlußmot. mm²	Die Leistungen der Motoren sind genormt für	Sicherung ist bemessen für Motoren für
n ≈ 1500	0,125	0,17	1400	64	1,78	6	1	1	0,89	4	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	110 und 220 Volt	unmittelbare Einschaltung bei Halblast
	0,2	0,27	1400	66	2,76	6	1	1	1,38	4	1	1	0,69	4	1	1	—	—	—	—		
	0,33	0,45	1400	69	4,35	6	1	1	2,175	6	1	1	1,09	4	1	1	—	—	—	—		
	0,5	0,70	1400	71	6,42	10	1,5	1	3,21	6	1	1	1,61	6	1	1	—	—	—	—		
	0,8	1,1	1410	74	9,83	10	1,5	1	4,915	6	1	1	2,46	6	1	1	2,16	6	1	1		
	1,1	1,5	1410	75	13,32	15	2,5	1	6,66	10	1,5	1	3,33	6	1	1	2,93	6	1	1	110, 220 und 440 Volt	Vollastanlauf
	1,5	2	1410	77	17,73	20	4	1	8,865	10	1,5	1	4,43	6	1	1	3,90	6	1	1		
	2,2	3	1420	78	25,64	35	10	1	12,82	15	2,5	1	6,41	10	1,5	1	5,64	6	1	1		
	3	4	1420	80	34,1	35	10	1	17,05	20	4	1	8,52	10	1,5	1	7,50	10	1,5	1		
	4	5,5	1430	81	44,9	60	16	1	22,42	25	6	1	11,2	15	2,5	1	9,88	10	1,5	1		
	5,5	7,5	1430	82	61,0	80	25	1,5	30,5	35	10	1	15,3	20	4	1	13,40	15	2	1		
	7,5	10	1440	83	82,1	100	35	2,5	41,1	60	16	1	20,5	25	6	1	18,07	20	4	1	220 u. 440 V.	
	11	15	1440	84	119	125	50	2,5	59,5	60	16	1	29,8	35	10	1	26,20	35	10	1		
n ≈ 1000	11	15	950	83	121	125	50	4	60,3	80	25	1	30,1	35	10	1	26,50	35	10	1	220 und 440 Volt	Vollastanlauf
	15	20	950	84,5	162	200	95	6	80,8	100	35	1,5	40,4	60	16	1	35,50	60	16	1		
	22	30	960	86	232	260	150	10	116	125	50	2,5	58,1	60	16	1	51,16	60	16	1		
	30	40	960	87	314	350	240	10	157	160	70	4	78,5	80	25	1	68,96	80	25	1		
	40	55	965	88	413	430	300	16	207	225	120	4	103	125	50	1,5	90,91	100	35	1		
	50	68	970	89	511	600	500	16	258	260	150	6	128	160	70	1,5	112,4	125	50	1,5		
	64	87	970	89,5	651	700	625	16	326	350	240	10	163	200	95	2,5	143	160	70	2,5		
	80	110	970	90	808	850	800	25	404	430	300	10	202	225	120	4	177,8	200	95	2,5		
	100	136	975	90,5	1005	1000	800	25	503	600	500	16	251	260	150	4	221,0	225	120	4		
	125	170	975	91	1250	1000	1000	35	625	700	625	16	313	350	240	6	274.7	300	185	4		

Offene Drehstrommotoren:

Drehzahl	Nennleistung (Leistungsabgabe) kW	PS ≈	Wirkungsgrad in % η	Leistungsfaktor cos φ	125 Volt: Stromstärke in der Zuleitung Amp.	125 Volt: Sicherung Amp.	125 Volt: Querschnitt der Zuleitung mm²	220 Volt: Stromstärke in der Zuleitung Amp.	220 Volt: Sicherung Amp.	220 Volt: Querschnitt der Zuleitung mm²	380 Volt: Stromstärke in der Zuleitung Amp.	380 Volt: Sicherung Amp.	380 Volt: Querschnitt der Zuleitung mm²	500 Volt: Stromstärke in der Zuleitung Amp.	500 Volt: Sicherung Amp.	500 Volt: Querschnitt der Zuleitung mm²	Für alle nebenstehenden Spannungen Querschn. der Schleifringleitungen mm²*)	Die Mindestquerschnitte der Zuleitungen S. 150 und 151 reichen aus für eine Streckenlänge bis 40 m bei 110 und 220 Volt und bis 100 m bei 380 und 500 Volt (bei etwa 4 % Spannungsabfall). Sicherung ist bemessen für Motoren mit:	Schleifringläufer bei Vollastanlauf
n ≈ 1500	0,125	0,17	69,5	0,7	1,19	4	1	0,68	2	1	0,39	2	1	0,3	2	1	—	Kurzschlußläufer mit unmittelbarer Einschaltung bei Halblast. DIN VDE 2650.	
	0,2	0,27	72,5	0,73	1,75	6	1	1,0	2	1	0,58	2	1	0,44	2	1	—		
	0,33	0,45	74,5	0,76	2,69	10	1	1,53	6	1	0,89	4	1	0,67	4	1	—		
	0,5	0,7	76,5	0,79	3,82	10	1,5	2,18	6	1	1,26	4	1	0,96	2	1	—	Kurzschlußläufer mit Stern-Dreieckschalter bei Halbstlastanlauf oder Schleifringanker bei Vollastanlauf DIN VDE 2650/51.	
	0,8	1,1	79,5	0,8	5,81	10	1,5	3,31	6	1	1,92	4	1	1,45	4	1	—		
	1,1	1,5	81,5	0,82	7,60	10	1,5	4,31	6	1	2,52	6	1	1,91	4	1	1,5		
	1,5	2	79,5	0,8	10,43	15	2,5	6,20	10	1,5	3,6	6	1	2,73	6	1	2,5		
	2,2	3	80,5	0,82	15,4	20	4	8,75	10	1,5	5,07	6	1	3,85	6	1	4		
	3	4	82	0,83	20,4	25	6	11,60	15	2,5	6,7	10	1,5	5,10	6	1	6		
	4	5,5	83,5	0,84	26,4	35	10	15,00	20	4,0	8,7	10	1,5	6,59	10	1,5	10		
	5,5	7,5	84,5	0,84	35,8	60	16	20,4	25	6,0	11,8	15	2,5	8,95	10	1,5	10		
	7,5	10	85	0,85	48	60	16	27,2	35	10,0	15,8	20	4	12,0	15	2,5	16		
n ≈ 1000	11	15	86	0,84	70,5	80	25	40,1	60	16	23,2	25	6	17,6	20	4	25	*) Die Zahlen sind Mittelwerte für mittlere Drehzahlen und kurze Entfernungen zwisch.n Motor und Anlasser; sie richten sich nach den durch die Läuferwicklungen bedingten Schleifringstromstärken.	
	15	20	86,5	0,85	94,4	100	35	53,7	60	16	31,2	35	10	23,6	25	6	35		
	22	30	87,5	0,86	135	160	70	76,8	80	25	44,5	60	16	33,8	35	10	50		
	30	40	88,5	0,87	180	200	95	102	125	50	59,4	60	16	45	60	16	50		
	40	55	89	0,88	236	260	150	134	160	70	77,9	80	25	59	60	16	70		
	50	68	90	0,88	292	300	185	166	200	95	96	100	35	73	80	25	70		
	64	87	90,5	0,89	368	430	300	209	225	120	121	125	50	92	100	35	70		
	80	110	90,5	0,89	460	500	400	262	300	185	151	160	70	115	125	50	95		
	100	136	91	0,89	571	600	500	324	350	240	188	200	95	143	160	70	95		

Störungen an Gleichstrommotoren

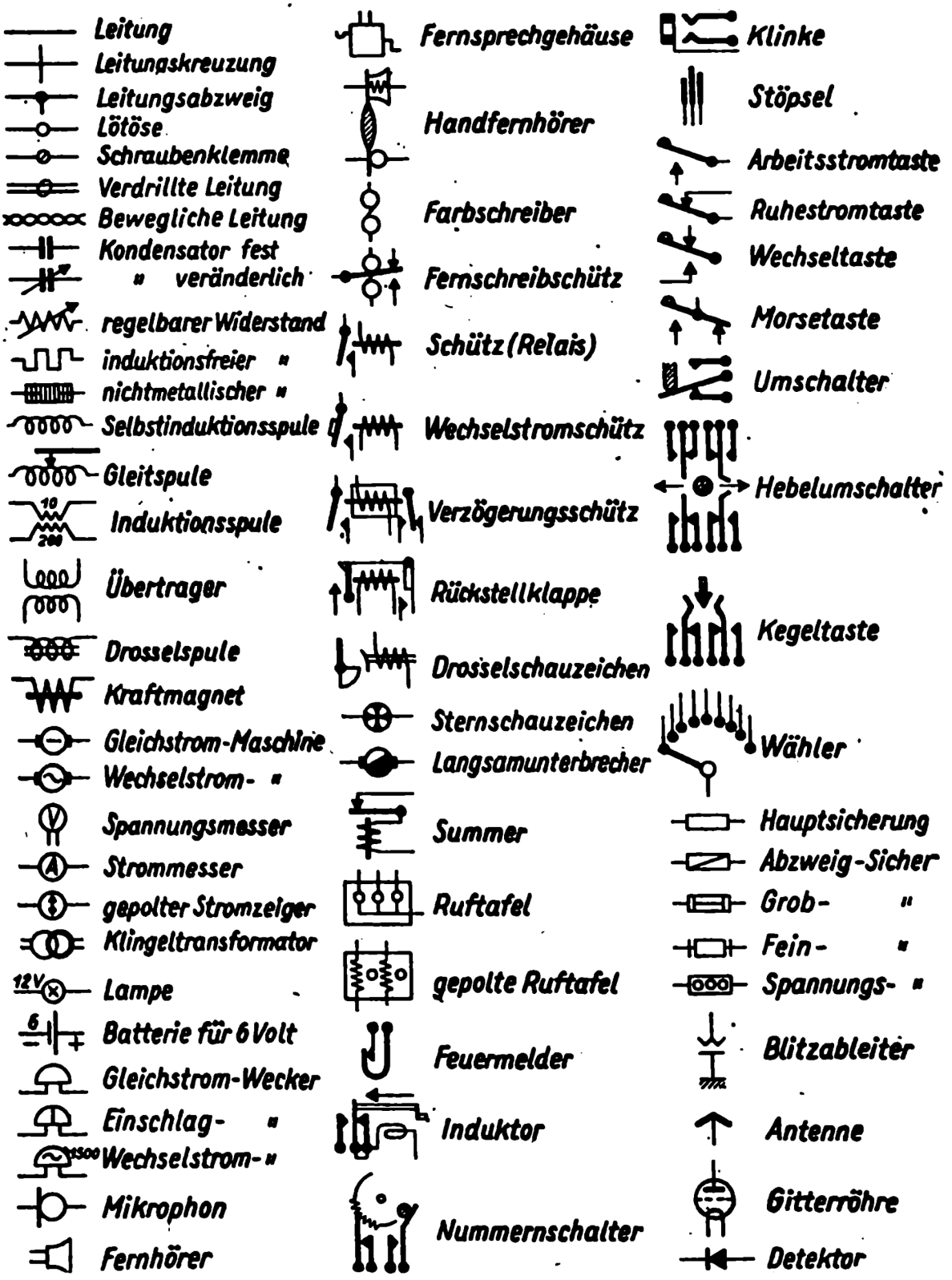
Ursache kann sein:	Beseitigung der Störung:
1. Motor läuft nicht an:	
a) Sicherung durchgebrannt.	a) Sicherung erneuern.
b) Im Anlasser ist eine Unterbrechung vorhanden.	b) Anlasser ausbessern.
c) Bürsten sind nicht eingesetzt oder liegen nicht auf.	c) Bürsten in Ordnung bringen.
d) Magnetpole falsch angeschlossen.	d) Schaltung richtig stellen.
e) Überlastung.	e) Mit geringer Last anlaufen lassen.
2. Sicherung schlägt durch:	
a) In der Anlage ist Körperschluß vorhanden.	a) Anlage durchmessen und Schluß beseitigen.
b) Anlasser ist zu klein.	b) Durch einen größeren ersetzen.
3. Bürsten funken:	
a) Bürsten stehen nicht in der neutralen Achse.	a) Bürstenbrücke verstellen bis Funkenbildung aufhört. (Marke beachten.)
b) Bürsten haben schlechte Auflage.	b) Bürsten einschleifen und gut säubern.
c) Kollektor ist verschmutzt.	c) Kollektor abschmirgeln und reinigen.
d) Kollektor ist ungleichmäßig abgenutzt (unrund).	d) Kollektor abdrehen; danach Isolation zwischen Lamellen ein wenig auskratzen.
e) Wendepole falsch geschaltet.	e) Schaltung richtig stellen.
f) Leitende Verbindung stellenweise schlecht.	f) Die einzelnen Drähte (Spulen) festlöten.
g) Zu breite oder zu schmale Bürsten bedecken zu viel oder zu wenig Lamellen.	g) Vorschriftsmäßige Bürsten einsetzen.
h) Eine Magnetspule hat Schluß.	h) Die durch Nachmessen festgestellte schadhafte Spule ausbessern.
i) Motor ist überlastet.	i) Belastungsstromstärke messen; wenn zu groß, auf zulässige Höhe herabsetzen.
k) Bürsten liegen zu lose auf.	k) Bürstenfedern nachspannen.
4. Anker wird sehr warm:	
a) Schluß im Anker oder am Kollektor.	a) Ausbessern.
b) Überlastung.	b) Gemessene Stromstärke mit Angabe auf dem Leistungsschild vergleichen.
5. Warme Lager:	
a) Riemen ist zu stramm.	a) Fehler beseitigen.
b) Motor auf Unterlage verspannt.	b) Fehler beseitigen.

Störungen an Drehstrommotoren

Ursache kann sein:	Beseitigung der Störung:
1. Falsche Drehrichtung:	
Motor ist falsch angeschlossen.	Vertauschen von 2 Leitungsdrähten miteinander.
2. Motor läuft schwer an:	
a) Motor für Dreieckschaltung bestimmt, Ständer aber in Stern geschaltet. b) Spannung zu niedrig. c) Eine Läuferphase unterbrochen.	a) Schaltung im Ständer ist zu ändern. b) Nachprüfen, u. U. Elektrizitätswerk benachrichtigen. c) Unterbrechung beseitigen.
3. Motor läuft nicht an:	
Unterbrechung im Ständer oder Läuferstromkreis. (Sicherungen durchgebrannt.)	Ausbessern. (Sicherungen erneuern.)
4. Motor wird zu warm:	
a) Überlastung. b) Ständer ist in Dreieck statt in Stern geschaltet.	a) Stromstärke bei Belastung mit Leistungsschild vergleichen, u. U. Überlastung beseitigen. b) Umschaltung des Ständers vornehmen.
5. Motor brummt stark bei großer Stromaufnahme:	
Windungsschluß in einer Ständerphase.	Ausbessern.
6. Ständerspulen werden zu warm.	
a) Überlastung. b) Bei normaler Belastung Kurzschluß in den Spulen.	a) Stärkeren Motor wählen. b) Ausbessern.
7. Durchbrennen einer oder mehrerer Sicherungen beim Einschalten:	
a) Schluß in der Leitung vom Schalter zum Ständer. b) Schluß in der Leitung zum Anlasser. c) Schluß im Stator: 2 Phasen haben miteinander oder mit Eisen Schluß. d) Schluß im Läufer.	a) Untersuchen und den Fehler beseitigen. b) Wie oben. c) Ausbessern. d) Ausbessern.
8. Warme Lager:	
Siehe Gleichstrommotoren Nr. 5.	Siehe Gleichstrommotoren Nr. 5.

Bildzeichen nach DIN VDE 700

für Schaltungszeichnungen zu Fernmeldeanlagen

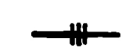


Weitere Zeichen siehe Friedrich Tabellenbuch C, bezw. DIN-Taschenbuch 2

Bildzeichen nach DIN VDE 709

für schematische Darstellungen von Starkstromanlagen

Leitung


Leitung von 3 Drähten

Leitungskreuzung

Leitungsabzweig

Leitung kommt von oben

Leitung kommt von unten

Leitung geht nach oben

Leitung geht nach unten

(o) Leitung in Rohr verlegt

(g) Leitung auf Glocken verlegt

(bo) Leitung in Rohrdrähten

BC Blanker Kupferdraht

NGA Gummiaderleitung

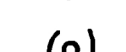
NRA Rohrdraht

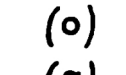
NPA Panzerader

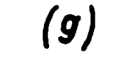
NPL Pendelschnur

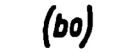
NSA Gummiaderschnur

KE Kabel, eisenarmiert


Feste Lampe


Bewegliche Lampe


Lampenträger m. 3 Lampen


Spannungsmesser

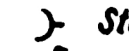
Strommesser

Zähler

Sicherung

Dreipolige Sicherung

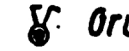
Dreipolige Verteilungsschiene mit 2 Abzweigen


Steckdose

Dosenschalter, einpolig

Serienschalter

Gruppenschalter


Zweipoliger-Dosenschalter

Um- und Wechselschalter

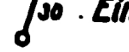
Kreuzschalter

Einpoliger Hebelschalter für 30 Amp.

Zweipoliger Minimal-Hebelschalter für 50 Amp.

Zweipoliger Maximal-Hebelschalter für 20 Amp. mit isolierter Schutzkappe

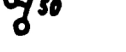
Zweipoliger Hebelumschalter



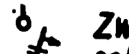
Gleichstrommotor

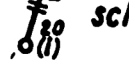
Gleichstromgenerator

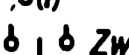
Wechselstrommotor

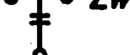


Drehstrommotor


Anlasser für Reihenschlußmotoren


Regulier-Widerstand


Sterndreieckschalter

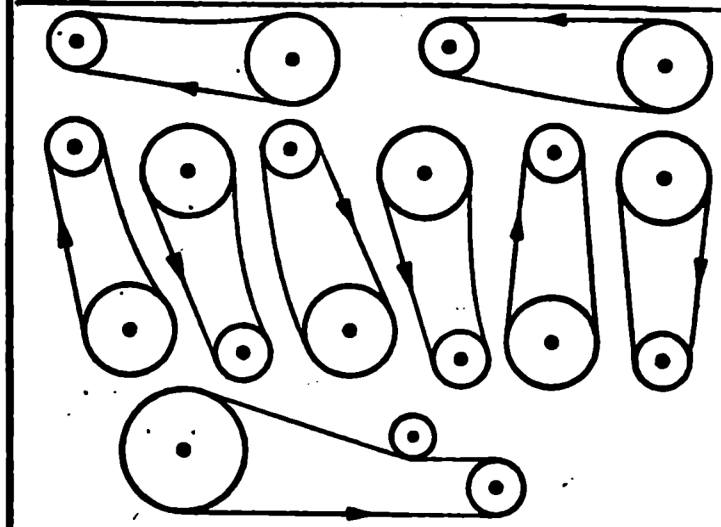

Akkumulatorenbatterie

Drehstrom-Transformator (Stern-Dreieck-Schaltung)

Weitere Zeichen siehe Friedrich, Tabellenbuch C, bezw. DIN-Taschenbuch 2

Zulässige Uebersetzungsverhältnisse

Richtung des Zuges und Lage der treibenden Scheibe



Antrieb	höchstzulässig	normaler Achsenabstand	kleinst. zulässig. Achsenabstand
waagerecht			
unten	9 : 1	7 : 1	6 : 1
oben	7 : 1	6 : 1	5 : 1
schräg			
unten	7 : 1	6 : 1	5 : 1
oben	5 : 1	4 : 1	4 : 1
senkrecht			
unten	6 : 1	5 : 1	4 : 1
oben	5 : 1	4 : 1	3 : 1
beliebig mit Spannrolle	20 : 1	—	—

Anlaßstrom der Motoren

nach VDE 0650

U · Jm = mittlere Anlaßaufnahme
U · J = Leistungsaufnahme des Motors bei Vollast
h-Anl. = Halblastanlauf
v-Anl. = Vollastanlauf
s-Anl. = Schweranlauf.

Die Schwere des Anlaufs wird gekennzeichnet durch das Verhältnis:

$$\frac{U \cdot Jm}{U \cdot J} = \frac{Jm}{J} = \frac{\text{mittl. Anlaßstrom}}{\text{geteilt durch Nennstr.}}$$

Regelwerte dieses Verhältnisses:

Ausführung	h-Anl.	v-Anl.	s-Anl.
Flach- u. Trommelbahnanlasser	0,65	1,3	1,7
Flüssigkeits- und Walzenbahnanlasser	0,75	1,5	2,0

Kleinster zulässiger Achsenabstand in m

Durchm. der klein. Scheibe	Durchmesser der größeren Scheibe in mm													
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1500	2000	2500
50 mm	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0	3,8	4,4	5,2 m
100 „	—	0,7	0,9	1,0	1,3	1,5	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,7	4,3	5,1 „
150 „	—	—	0,7	0,9	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,4	2,7	3,6	4,2	5,0 „
200 „	—	—	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5	1,7	2,0	2,3	2,6	3,5	4,1	4,8 „
250 „	—	—	—	0,7	1,0	1,2	1,4	1,6	1,9	2,2	2,5	3,4	4,0	4,7 „
300 „	—	—	—	0,6	0,8	1,1	1,3	1,5	1,8	2,1	2,3	3,3	3,9	4,6 „
350 „	—	—	—	—	0,7	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,2	3,2	3,8	4,5 „
400 „	—	—	—	—	0,6	0,9	1,1	1,3	1,6	1,8	2,1	3,0	3,6	4,4 „
450 „	—	—	—	—	—	0,8	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,9	3,5	4,3 „
500 „	—	—	—	—	—	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,8	2,8	3,4	4,2 „

Kleinster Riemenscheibendurchmesser in mm bei gegeb. Leistung u. Drehzahl

PS	Drehzahl in der Minute							
	200	300	400	750	1000	1250	1500	3000
0,5	95	85	80	70	60	55	50	45 mm
1	120	110	100	90	80	70	60	45 „
2	150	135	120	105	90	80	75	60 „
5	210	190	170	150	130	120	110	70 „
10	270	255	240	200	180	160	150	— „
15	330	315	300	250	215	185	170	— „
20	380	360	340	280	240	220	200	— „
25	430	410	400	320	275	245	215	— „
50	480	465	450	330	290	265	245	— „

Neue Schaltzeichen und Schaltbilder in Starkstromanlagen

Vorbemerkung: Die in der Neubearbeitung begriffenen Normblätter für Schaltzeichen und Schaltbilder in Starkstromanlagen bringen voraussichtlich folgende Änderungen:

1. Die Zeichen und Bilder sind ähnlich wie in DIN VDE 716 (Meßgeräte) in Glieder (Einzelglieder) aufgelöst, die je nach Bedarf zu den nachstehenden Schaltzeichen zusammengesetzt werden können; z. B. besteht das Schaltzeichen Nr. 720 (Motor) aus dem Ständer- und Läuferglied.

Einzeldarstellungen:

Das Schaltzeichen ist die Kurzdarstellung ohne Innenschaltung.

Das Schaltbild ist die Darstellung mit einfacher Innenschaltung.

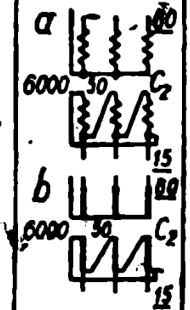
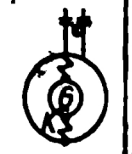
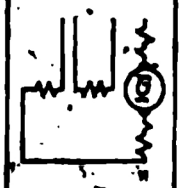
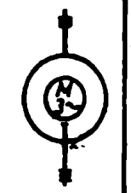
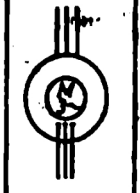
Das Schaltungsbild ist die Darstellung mit ausführlicher Innenschaltung.

Der Leitungsplan ist die Darstellung der Leitungsverteilung einer Starkstromanlage.

Der Installationsplan ist die einpolige Darstellung der Leitungsverlegung und der Anordnung der Schaltgeräte und Verbraucher einer Installationsanlage.

Der Schaltplan ist die Kurzdarstellung der Schaltung durch einpolige oder mehrpolige Schaltzeichen ohne Hilfsleitungen.

Der Grundschaltplan ist die vereinfachte Darstellung der grundsätzlichen Schaltung mit Hilfsleitungen, jedoch ohne Reihenklemmen und ohne Rücksicht auf die räumliche Lage der Teile.

Schaltzeichen einpolig	Schaltzeichen mehrpolig	Schaltbild	Benennung
			Drehstrom-Umspanner, Schaltgruppe C 2, 6000 kVA, 50 Per/s, 60/15 kV a) bisher übliche Darstellung b) neue vereinfachte Darstellung
			Doppelschluß-Gleichstromgenerator, fremderregt m. Kompensationswicklung, Wendepole auf beide Seiten des Ankers geschaltet
			Drehstrom-Asynchronmotor mit Schleifringläufer, Bürstenabhebe- u. Kurzschlußvorrichtung

Der Stromlaufplan ist die nach Strombahnen aufgelöste Darstellung der Schaltung mit Hilfsleitungen (und Reihenklemmen), ohne Rücksicht auf die räumliche Lage und die Zusammengehörigkeit der Teile.

Das Bauschaltbild ist die vollständige Darstellung der Schaltung durch Schaltbilder oder Schaltungsbilder. Besonders zu beachten sind die Darstellungen von Wicklungen und Widerständen. (Siehe nächste Seite.)

Die Vielgestaltigkeit der neuen Schaltzeichen und Schaltbilder soll ermöglichen, daß Schaltpläne nur noch einfarbig schwarz gezeichnet werden, was zur Herstellung fertiger Lichtpausen notwendig ist. — Für die eindeutige Darstellung von Schaltplänen ist DIN VDE 718 neu aufgestellt worden. DIN VDE 719 wird dadurch überflüssig.

DIN VDE 709 zeigt die Richtlinien für die Schaltungsdarstellungen. Wesentliche Ergänzungen haben DIN VDE 712, 713 (Apparate, Maschinen, Schalter) erfahren.

Bei den Maschinen (DIN VDE 715) wird für die Ständerwicklung ein großer Kreis gezeichnet, als Läuferwicklung wird ein kleiner Kreis hineingezeichnet. (Siehe obige Abbildungen.)

Neue Schaltzeichen und Schaltbilder in Starkstrom-anlagen

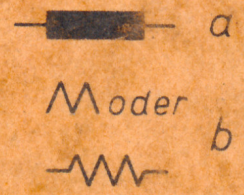
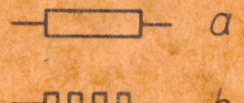
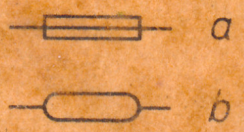
Wicklungen auf ruhendem Weichstahlkern, z. B. Transformatorenspulen (1a) sind möglichst als dicker Balken zu zeichnen. Bewegliche Weichstahlkerne (1c) sollen gesondert dargestellt werden, Schützanker durch dicke Balken mit Pfeilspitze, welche die Rückfallrichtung angibt. Ein Magnetanker wird als dicker Balken gezeichnet.

Widerstände (2a und b) werden wie in der Hochfrequenztechnik gezeichnet.

Zur Anpassung an die IEC-Schaltbilder wurden in der bekannten Darstellung einer Batterie bzw. eines galvanischen Elements die Vorzeichen vertauscht. Der kurze Strich trägt in Zukunft das Zeichen −, während der lange Strich das Zeichen + erhält.

Das neue Zeichen für die Sicherungen (3a) kann leicht noch nachträglich in Pläne hineingezeichnet werden.

Erheblich umgearbeitet wurde DIN VDE 716 (Meßgeräte usw.). DIN VDE 716 Blatt 4 wird ersetzt durch VDE 0414.

Nr.	Schaltzeichen und Schaltbilder	Benennung
1		a) Wicklung auf ruhendem Weichstahlkern oder Induktivität mit Stahl b) wahlweise an Stelle von a c) Wicklung mit beweglichem Weichstahlkern bei Schaltgeräten (nur in Verbindung mit dem Zeichen für Weichstahlkern oder Schützanker)
2		a) Ohmscher Widerstand ohne wesentliche Induktivität b) desgl. wahlweise, insbesondere Meßwiderstand
3		a) Sicherung allgemein, insbesondere Stromsicherung (verschraubt) b) wahlweise, Sicherung allgemein
4		Meßwerk allgemein
5		„ mit Spannungspfad
6		„ „ Strompfad
7		„ „ zwei Spannungspfaden zur Summen- oder Diff.-Bildung
8		„ „ zwei Strompfaden zur Summen- oder Diff.-Bildung
9		„ „ zwei Spannungspfaden zur Produkt- od. Quotientenbildg.
10		„ „ zwei Strompfaden zur Produkt- oder Quotientenbildung
11		„ „ Strom- und Spannungspfad zur Produkt- oder Quotientenbildung
12		(Beispiel als mehrpoliges Schaltzeichen) Meßgerät enthält ein Meßwerk mit einem Strom- und Spannungspfad zur Produkt- oder Quotientenbildung (zum Malnehmen oder Teilen)